Kharazmi University

Journal of Engineering Geology

Journal home page https://jeg.khu.ac.ir

OPEN ACCESS

Online ISSN 2981-1600

# Identification of groundwater flow anomalous in the area of Neyriz Rizab Plain and determination of its probable cause

**Somayeh Zarei Doudeji✉[1], Rahim Bagheri[2], Hadi Jafari[3]**

1. Assistant professor, hydrogeology and environmental geology group, Earth science faculty, Shahrood University of technology, Iran. E-mail: s.zarei@shahroodut.ac.ir
2. Associated professor, hydrogeology and environmental geology group, Earth science faculty, Shahrood University of technology, Iran. E-mail: Rahim.bagheri86@gmail.com
3. Associated professor, hydrogeology and environmental geology group, Earth science faculty, Shahrood University of technology, Iran. E-mail: h_jafari@shahroodut.ac.ir

## Article Info

**Article type:**
Research Article

**Article history:**
Received 31 March 2024
Received in revised form 15 June 2024
Accepted 16 June 2024

**Keywords:**
Anomaly of groundwater flow, Neyriz Rizab plain, double layer aquifer, quantitative investigation of groundwater, qualitative investigation of ground water

## ABSTRACT

Groundwater resources in Iran are of particular importance due to the lack of surface water resources, lack of precipitation, high evaporation volume and recent droughts. The first step in identifying and exploiting groundwater resources is its quantitative and qualitative investigation. Neyriz watershed, located in the study area of Qatroiye desert, has 17 piezometers, whose groundwater level has been recorded monthly during the statistical period of more than 12 years. Investigations of the groundwater level and the map of the flow lines show the anomaly of the flow in the south and southwest part of the aquifer, which shows the direction of the groundwater flow contrary to the direction of the topography of the area. In this research, an attempt was made to investigate the cause of this anomaly based on the available information, including piezometer drilling logs, aquifer quality data, and national statistical data. Based on the qualitative information of the aquifer, the electrical conductivity and chlorine values of the groundwater increase in the direction of the topographic slope, which indicates the flow in the direction of the topographic slope. Qualitative charts of Piper, Schuler and Durov also confirm this issue. The level of groundwater in selected exploitation wells for qualitative sampling based on the information of the depth of groundwater in national statistics also indicates the flow in the direction of the topographic slope. Finally, a clay layer with a thickness of 10 to 30 meters was observed in the drilling log of the piezometers in the south and southwest of the aquifer. Examining all the results shows that the existing aquifer is probably a double-layered aquifer, where the flow direction in the upper layer is in the direction of the topographic slope and in the lower layer is against it, and the piezometers of the south and southwest parts penetrated the lower aquifer. In order to confirm the desired hypothesis, it is suggested to carry out geophysical studies in the area or to dig exploratory wells.

## Introduction

Knowledge of the quantitative and qualitative changes of the aquifer is one of the most important factors in conducting groundwater studies and managing these resources. The use of all qualitative-quantitative parameters is a very useful tool in water resources decision-making, especially in critical times (Tahboub et al., 2007). In addition, one of the most important factors threatening the life of humans and other creatures is the destruction of the quality or the reduction of water in an area (Cordoba et al., 2010). Quantitative spatial and temporal changes in groundwater quality have been investigated in many studies (Subramani et al., 2010). El-Rawy et al., (2019) investigated the quality of

**Cite this article:** Zarei Doudeji, S., Bagheri, R., & Jafari, H. (2024). Identification of groundwater flow anomalous in the area of Neyriz Rizab Plain and determination of its probable cause. Journal of Engineering Geology, 18 (1), 1-24. https//doi.org/10.22034/JEG.2024.18.1.1019713

© The Author(s).
Publisher: Kharazmi University.
DOI: https//doi.org/10.22034/JEG.2024.18.1.1019713

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.1.1.7 ]
[ DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019713 ]

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.1.1.7 ]

[ DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019713 ]

groundwater in Ghana using hydrochemical methods, statistical analysis and GIS software, and their results showed that the water is not of good quality for drinking and agriculture. Li et al., (2022) investigated the hydrochemical characteristics and quality of groundwater in the Loess Plateau in China and showed that the weathering of silicates and carbonates in the wet season and the weathering of silicates and dissolution of evaporites in the dry season have the greatest contribution in groundwater chemistry. Elgali et al., (2012) investigated the spatial changes of quality parameters using the IDW model in Libya. The results of their research showed that some chemical parameters are higher than the permissible limit of drinking water. Naderian Far et al. (2012) showed that the drop in the groundwater level of Jiroft plain is one of the main factors of the decrease in the quality of groundwater in the Neishabur plain. Also, by comparing different geostatistical methods, it was found that the Co-kriging method is the most appropriate method of interpolation in Jiroft Plain. Rezaei et al. (2009) studied the spatial changes of some groundwater quality indicators including EC, Na and SAR using geostatistical methods, kriging and image distance with three different powers in Gilan province. Their results showed that the kriging method with the spherical model and the inverse power distance method have a higher accuracy in mediating the mentioned qualitative parameters. Moustafa and Yomota (1998) analyzed soil salinity and hydraulic conductivity using geostatistical methods. By comparing the measured values of these parameters and their estimated values using the kriging method and preparing maps of equal values of the mentioned parameters, they came to the conclusion that the kriging method provides more logical maps for studies. It provides drainage projects. Geostatistical tests have been widely used to show changes in qualitative parameters, including electrical conductivity, to assess salinity hazards (Hosseini et al., 1999; Odeh et al., 1998; Samra et al., 1998; Sila et al., 1995 and Wong et al., 1999)

There are more than 12 years of monthly groundwater statistics available in the study area of Qatroiye Desert and Neyriz Rizab Plain, and in all these statistics, the anomaly of groundwater flow in the south and southwest part of the aquifer is seen. In this research, an attempt has been made to investigate the cause of this anomaly and present a possible hypothesis based on all the available information, including piezometer drilling logs, aquifer quality information, and national statistical data. Obviously, in order to ensure the proposed hypothesis, additional studies should be carried out including drilling exploratory wells or conducting geophysical studies in the region.

## Materials and Methods

### Study area

The study area is one of the functions of Rizab Dehistan in Qatrawieh district of Neyriz city in Fars province, which is geographically at a distance of 60 and 110 kilometers from the center of the district (Qatrawieh) and the city center, respectively and is located in the western border of Rizab village (Qatrawieh study area). The geographical location of the study area is50 48 54 to 23 55 east longitude and 12 40 28 to 36 50 28 north latitudes. Figure 1 shows the location of the study area in satellite images along with the aquifer in it. The aquifer in the studied area is divided into two parts and its southeastern part does not have a piezometer, so the investigations in this research are related to the larger aquifer in the north-eastern part. The small water basin with an area of 216 square kilometers and a circumference of 86 kilometers has a minimum height of 1630 meters and a maximum height of 3067 meters from the open water level. In the central part of the range, there is an artificial recharge of groundwater, which is able to feed the aquifer during the rainy season. Qatrawieh desert is located in the northeastern part of the study area or the northern part of the watershed. Based on the digital elevation model (DEM) and the drawing of the existing waterways, the slope of the land surface in the studied area is towards the Qatroiyeh desert (Figure 2).

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.1.1.7 ]

[ DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019713 ]

**Geology of the studied area**

The results of the geological studies of the region indicate that most of the region is located in the high Zagros zone (Aghanabati, 2013). The landslide of Zagros is one of the important structural phenomena that plays an essential role in the history of the evolution of the region, and it encloses the Niriz mountain along the northwest-southeast direction of the southeast ridge, and during the orogenic phases of the former Cimmerian to Laramide and due to the continent-continent collision. has been formed (Aghanabati, 2013). Landslides that occurred along this fault in the Zagros Thrust zone have played a fundamental role in the rock structure of the region and the formation of elistolitic fragments, the most important and largest of which are in the Niriz Mountains. In this area, Mesozoic rocks are pushed to the southwest, which are placed on the upper part of Mesozoic and Cenozoic rocks with shale structures. The Zagros landslide with a direct and northwest-southeast extension indicates a very deep and ancient fracture that marks the border of the Arabian and Iranian platforms (Aghanabati, 2013). Because the alluvial region of Zagros includes the highest part of Zagros mountains, it is also called high Zagros. The presence of ultrabasic rocks and ophiolites along with radiolarites, which are widespread in these areas, is one of the characteristics of the Zagros subduction zone and distinguishes it from the folded Zagros zone (Aghanabati, 2013). Also, the eastern parts of the range are considered part of the Sanandaj-Sirjan zone and have been severely affected by tectonic movements. Paleozoic metamorphic rocks have been pushed over Jurassic formations as a result of numerous landslides in some areas, especially in the north of the plain. The evolution of the Sanandaj-Sirjan structural zone is related to the end of the Precambrian and the beginning of the Cambrian to the Upper Silurian. Figure 2 shows the geological map of the studied area along with the location of the aquifer and piezometers in it. As can be seen in the figure, the southwestern and western part of the aquifer is separated from the nearby mountains by a fault.

**Results and Discussion**

In this research, by examining the equipotential lines and the direction of the groundwater flow, the iso-depth map and the iso-drawdown of the groundwater in the region, a flow anomaly was observed in the southwestern part of the aquifer, which contrary to the expectation, the direction of the groundwater flow from the desert to the mountains and It is opposite to the direction of the topographic slope. Also, based on the investigations, none of the piezometers in the studied area have come into contact with the bedrock, and no geophysical study has been done in the studied area so far (Fars Regional Water Organization, 2019). Therefore, only on the basis of the available information (national statistical data and piezometer logs and chemical analysis results), additional investigations have been done to determine the cause of the flow anomaly. Obviously, as additional studies are carried out in this area and more and more accurate information is obtained, more documented and accurate analyzes will be possible.

The first and most reliable information available in the region is the piezometer log. Based on the examination of the piezometric borehole logs in the region, it was found that there are clay interlayers in 5 piezometers, and these clay interlayers can act as a physical barrier between two aquifers. These piezometers include piezometer P10 (clay layer at a depth of 90 to 120 meters), piezometer P11 (clay layer at a depth of 117 to 138 meters), piezometer P14 (clay layer at a depth of 108 meters), piezometer P8 (clay layer at a depth of 81 to 95 meters) and piezometer P9 (clay layer at a depth of 22 to 47 meters). Figure 10 shows an enlargement of the south-western part of the aquifer, showing the depth of the clay layer in the piezometers together with the depth of the piezometer (right figure) and the level of the upper edge of the piezometer (left figure), based on their drill log information. The map on the right side of Figure 10 shows the depths of other piezometers in the

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.1.1.7 ]

[ DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019713 ]

area that did not come into contact with the clay layer (the black dots in the map indicate the piezometers where the clay layer was not visible in the drill logs). Considering that the depths of piezometers P8, P9, P10, P11, P14 are all greater than the depth of the clay layer (more than 90 meters) and other piezometers are less than this value (less than 90 meters), it can be concluded from this information that the alluvial aquifer in the area is probably a two-layer aquifer separated by a clay layer with a thickness of 10 to 30 meters.. Considering the depth of the clay layer, which in most places is more than 90 meters, the existence of a confined aquifer under this layer and the regional flow of groundwater, there is a possibility of deep groundwater flow. The results of the qualitative studies of the aquifer presented in the previous section also indicate a flow in the direction of the topographic slope from the mountains to the desert (the first aquifer, the upper part of the clay layer). The geological complexity of this area, together with the presence of a fault to the left of the aquifer, can also confirm the anomaly of the flow in this area. Considering this hypothesis, piezometers P8, P9, P10, P11, P14 are included as piezometers dug in aquifer number 2 (aquifer below the clay layer with an approximate depth of more than 90 meters) and their water level is considered as the water level of the aquifer. The second and other piezometers are considered as piezometers dug in aquifer number 1. Based on this, Figure 11 is drawn, in which the groundwater level of these two hypothetical alluvial aquifers is drawn separately. As can be seen from the map on the right side of Figure 11, the direction of groundwater flow in piezometers P8, P9, P10, P11, P14 is coordinated and from the desert side towards the mountains. If piezometers P8, P9, P10, P11, P14 are excluded from all the piezometers in the region and their groundwater level is drawn in the map on the left side of Figure 11, the direction of groundwater flow in aquifer No. 1 (above the clay layer) is generally from the mountain side to the desert side. For further investigation in the southern and south-western parts of the aquifer and to investigate the flow anomaly, the latest national statistical data was used. Figure 12 shows the map of the location and depth of the extraction wells in the south-western part of the aquifer on the left, and the map of the groundwater level at the time of the survey on the right. As can be seen in this figure, most of the extraction wells in the southern and south-western parts of the aquifer are deep. According to the map on the right side of Figure 12, no particular trend can be observed in the groundwater level of these wells, in fact, this level may indicate the dynamic level of the groundwater, which may be caused by inaccuracy in measuring the groundwater depth by the operator, failure to observe the time interval required to reach the static level after the well is shut down, the nearby and neighboring wells being on at the time of measurement, the error of using the Digital Elevation Model (DEM) file for levelling the groundwater depth instead of accurate levelling with the map. Vector and time difference of measurements etc. As mentioned above, based on the electrical conductivity, chlorine and qualitative analyses conducted in the region, the direction of groundwater flow is along the topographic slope and from the mountains to the desert. Considering the fact that qualitative analyses are carried out in the exploitation wells and also the groundwater level in all the exploitation wells in the southern and south-western part of the aquifer, based on the information of the depth of the groundwater in the last survey has an anomaly and shows a certain trend. Therefore, the groundwater level of the qualitatively selected wells (Figure 10) is selected in Figure 12 and drawn separately (Figure 13).As can be seen in this figure, the direction of the groundwater flow in these wells has the same trend as the topography of the region and is from the mountains to the desert. In addition, the presence of underground water inflow in the southern part of the aquifer is clearly visible

**Conclusions**

The study area is one of the functions of Rizab Dehistan, Qatrawieh District, Neyriz County, Fars Province, and is located in the geographical

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.1.1.7 ]

[ DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019713 ]

position of 50 48 54 to 23 3 55 east longitude and 12 40 28 to 36 50 28 north latitude. Qatroiye desert is located in the northeastern part of the study area or the northern part of the watershed. Based on the digital elevation model (DEM) and the drawing of the existing waterways, the slope of the land surface in the study area is towards the Qatroiyeh desert. From a geological and tectonic point of view, most of the region is located in the high Zagros zone, which in the western part of the aquifer is separated from the highlands by a fault. The groundwater flow lines in the southern and south-western parts of the aquifer are anomalous and, contrary to the direction of the topography of the land surface, they run from the desert side to the mountain side. On this basis, further research was carried out in the region, including the study of the existing piezometer drilling logs, the study of the statistical data of the exploitation wells in the region, the drawing of the equivalence lines of the aquifer's electrical conductivity, the equivalence lines of the aquifer's chlorine, the drawing of the Piper, Schuler, Durov quality diagrams, and so on. According to the map of electrical conductivity lines, the electrical conductivity of the aquifer generally increases from the mountains to the desert and in the direction of the topographic slope. In the southwestern part of the aquifer and due to the lack of proper distribution of qualitative sampling points, and also in the northeastern part due to the striped nature of the aquifer and the lack of multiple sampling points along the water flow path, this trend is not well observed. The chlorine equivalency line map shows an increase in the amount of chlorine in the groundwater from the mountainside to the desert and in the direction of the topographic slope. In addition, the lines of electrical co-conductivity and co-chlorine indicate the three main entrances of groundwater in the southern, central and northeastern parts of the aquifer, which are close to each other in the diagrams of Piper, Schuler and Dorov. Examination of the borehole logs of piezometers in the region has shown that in piezometers P8, P9, P10, P11, P14 there is a clay layer at an approximate depth, mostly more than 90 meters, with a thickness of about 10 to 30 meters, which can be used as a layer separator. From the underlying alluvium. Therefore, based on the available information, it was assumed that there was a two-layered alluvial aquifer in the area, with some piezometers drilled in the first layer and others in the second layer (piezometers P8, P9, P10, P11, P14). Drawing the map of equipotential lines of these piezometers separately shows a surface flow from the mountains to the desert and a deep flow from the desert to the mountains at a depth of more than 90 meters. The analysis of national statistical data showed that all the wells in the southwestern and southern parts of the aquifer are deep, but the groundwater level in these wells fluctuates greatly and cannot be interpreted. Therefore, the groundwater level in the wells selected for qualitative sampling, which show the increase in electrical conductivity along the flow path from the mountains to the desert, were selected and, based on the water level of the national statistics in them, the current lines were drawn showing the flow in the direction of the topographic slope and from the mountains to the desert.Therefore, based on all the investigations and based on the available information, the existing aquifer is probably in a two-layer range, in the upper layer, the direction of the underground water flow is aligned with the topographic slope and from the mountains to the desert. In the second aquifer, which is separated from the first aquifer by a layer of clay, the direction of the underground water flow is opposite to the direction of the topographic slope, and we see a deep flow from the desert towards the mountains and the faults on the edge of the aquifer and the mountains. It should be noted that the piezometers in the southern and south-western parts of the aquifer were drilled in the second aquifer and show its flow direction. In order to further interpret and confirm the hypothesis that the aquifer has two layers, it is necessary to use more accurate information about the region, which includes conducting geophysical studies and drilling piezometric

wells in the southern and south-western parts of the aquifer, with accurate logging of the drilling logs and fluctuations in the groundwater level. This is done during drilling. A sharp drop or sudden rise in the groundwater level (generally a sudden fluctuation) during drilling in the watery part of the aquifer indicates that another aquifer with different hydrodynamic characteristics has been entered.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.1.1.7 ]

[ DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019713 ]

دسترسی آزاد
شاپا الکترونیکی ۱۶۰۰-۲۹۸۱

نشریه زمین شناسی مهندسی
Journal home page https://jeg.khu.ac.ir

دانشگاه خوارزمی

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.1.1.7 ]
[ DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019713 ]

# شناسایی آنومالی جریان آب‌زیرزمینی در محدوده دشت ریزآب نیریز و تعیین علت احتمالی آن

سمیه زارعی دودجی[1]✉، رحیم باقری [2]، هادی جعفری[3]

۱. استادیار، گروه آبشناسی و زمین‌شناسی زیست محیطی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران. رایانامه: s.zarei@shahroodut.ac.ir
۲. دانشیار، گروه آبشناسی و زمین‌شناسی زیست محیطی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران. رایانامه: Rahim.bagheri86@gmail.com
۳. دانشیار، گروه آبشناسی و زمین‌شناسی زیست محیطی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران. رایانامه: h_jafari@shahroodut.ac.ir

**اطلاعات مقاله**

**نوع مقاله:**
مقاله پژوهشی

**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۳/۰۱/۱۲
**تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۳/۰۳/۲۶
**تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۳/۰۳/۲۷

**کلیدواژه‌ها:**
آنومالی جریان آب زیرزمینی، دشت ریزآب نیریز، آبخوان دولایه، بررسی کمی آب زیرزمینی، بررسی کیفی آب زیرزمینی

**چکیده**

منابع آب زیرزمینی در کشور ایران، با توجه به کمبود منابع آب سطحی، کمبود بارش، حجم تبخیر بالا و خشکسالی-های اخیر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. اولین گام در شناسایی و بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی بررسی کمی و کیفی آن می‌باشد. دشت ریزآب نیریز واقع در محدوده مطالعاتی کویر قطروئیه، دارای ۱۷ پیزومتر می‌باشد که طی دوره آماری بیش از ۱۲ سال سطح آب زیرزمینی آنها بصورت ماهانه ثبت شده است. بررسی‌های تراز آب زیرزمینی و نقشه خطوط جریان نشان دهنده آنومالی جریان در بخش جنوب و جنوب غربی آبخوان می‌باشد که جهت جریان آب زیرزمینی را بر خلاف جهت توپوگرافی منطقه نشان می‌دهد. در این تحقیق تلاش شد بر اساس اطلاعات موجود شامل لوگ حفاری پیزومترها، اطلاعات کیفی آبخوان و اطلاعات آماربرداری سراسری علت این آنومالی مورد بررسی قرار گیرد. بر اساس اطلاعات کیفی آبخوان، مقادیر هدایت الکتریکی و کلر آب زیرزمینی در جهت شیب توپوگرافی افزایش می‌یابد که نشان دهنده جریان در جهت شیب توپوگرافی است. نمودارهای کیفی پایپر، شولر و دورو نیز تأیید کننده این موضوع هستند. تراز آب زیرزمینی در چاههای بهره‌برداری انتخابی برای نمونه‌برداری کیفی بر اساس اطلاعات عمق آب زیرزمینی در آماربرداری سراسری نیز نشان دهنده جریان در جهت شیب توپوگرافی می‌باشند. در نهایت در لوگ حفاری پیزومترهای جنوب و جنوب غربی آبخوان یک لایه رسی با ضخامت ۱۰ تا ۳۰ متر مشاهده گردید. بررسی تمامی نتایج نشان می‌دهد احتمالاً آبخوان موجود در محدوده یک آبخوان دولایه بوده که جهت جریان در لایه بالایی در جهت شیب توپوگرافی و در لایه پایینی در خلاف جهت شیب توپوگرافی می‌باشد و پیزومترهای بخش جنوب و جنوب غربی در آبخوان زیرین نفوذ داشته‌اند. جهت اطمینان از فرضیه مورد نظر، انجام مطالعات ژئوفیزیک در منطقه و یا حفر چاههای اکتشافی پیشنهاد می‌گردد.

## مقدمه

شناخت تغییرات کمی و کیفی آبخوان یکی از مهمترین عوامل در انجام مطالعات آب زیرزمینی و مدیریت این منابع می‌باشد. استفاده از تمامی پارامترهای کمی-کیفی ابزار بسیار سودمندی در تصمیم‌گیری‌های منابع آبی به خصوص در زمانهای بحرانی می‌باشد (Tahboub et al., 2007). بعلاوه از مهمترین عوامل تهدید کننده حیات انسان و سایر موجودات تخریب کیفیت و یا کاهش آب موجود در یک محدوده می‌باشد (Cordoba et al., 2010). تغییرات مکانی و زمانی کمی، کیفی آب زیرزمینی در تحقیقات زیادی مورد بررسی قرار گرفته است (Subramani et al., 2010). ال راوی و همکاران (El-Rawy et al., 2019) کیفیت آب

**استناد**: زارعی دودجی، س.، باقری، ر، جعفری، ه. (۱۴۰۳). شناسایی آنومالی جریان آب‌زیرزمینی در محدوده دشت ریزآب نیریز و تعیین علت احتمالی آن. مجله زمین شناسی مهندسی، ۱۸ (۱)، ۱-۲۴. https://doi.org/10.22034/JEG.2024.18.1.1019713

ناشر: دانشگاه خوارزمی.

© نویسندگان.
CC BY NC

زیرزمینی کشور غنا را با استفاده از روش‌های هیدروشیمیایی، تحلیل‌های آماری و نرم‌افزار GIS مورد بررسی قرار دادند که نتایج آنها نشان داد آب برای آشامیدن و کشاورزی کیفیت مطلوبی ندارد. لی و همکاران (Li et al., 2022) ویژگی‌های هیدروشیمیایی و کیفیت آب زیرزمینی در فلات لس در چین را مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که هوازدگی سیلیکات-ها و کربنات در فصل مرطوب و هوازدگی سیلیکات و انحلال تبخیری‌ها در فصل خشک بیشترین سهم را در شیمی آب زیرزمینی دارند. ال گالی و همکاران (Elgali et al., 2012) بررسی تغییرات مکانی پارامترهای کیفی با استفاده از مدل IDW در لیبی انجام دادند. نتایج تحقیقات آنها نشان داد برخی از پارامترهای شیمیایی بالاتر از حد مجاز آب آشامیدنی است. نادریان فر و همکاران (Naderianfar et al., 2013) نشان دادند که افت سطح آب زیرزمینی دشت جیرفت از عمده عوامل کاهش کیفیت آب زیرزمینی در دشت نیشابور می‌باشد. همچنین با مقایسه روش‌های مختلف زمین آماری مشخص گردید که روش کوکریجینگ مناسب ترین روش میانیابی در دشت جیرفت می‌باشد. رضایی و همکاران (Rezaei et al., 2010) به بررسی تغییرات مکانی برخی شاخص‌های کیفی آبهای زیرزمینی شامل EC، Na و SAR با استفاده از روش‌های زمین آماری، کریجینگ و عکس فاصله با سه توان مختلف در استان گیلان پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که درمجموع روش کریجینگ با مدل کروی و روش معکوس فاصله با توان یک دقت بیشتری در میان‌یابی پارامترهای کیفی ذکرشده دارد. مصطفی و یاموتا (Moustafa and Yomota, 1998) با استفاده از روش های زمین آماری شوری و هدایت هیدرولیکی خاکهارا مورد تحلیل قرار دادند. آن ها با مقایسه مقادیر اندازه‌گیری شده این پارامترها و مقادیر برآورد شده آن‌ها با استفاده از روش کریجینگ و تهیه نقشه‌های هم‌مقدار پارامترهای ذکرشده به این نتیجه رسیدند که روش کریجینگ، نقشه‌های منطقی-تری را برای مطالعات پروژه‌های زهکشی فراهم می‌کند. آزمون‌های زمین‌آماری برای نشان دادن تغییرات پارامترهای کیفی شامل هدایت الکتریکی جهت ارزیابی خطرات شوری بسیار مورد استفاده قرارگرفته اند (Hosseini et al., 1994; Odeh et al., 1998; Samra et al., 1988; Sylla et al., 1995; Wang et al., 1999).

در محدوده مورد مطالعه کویر قطروئیه و دشت ریزآب نیریز بیش از ۱۲ سال آمار ماهانه آب زیرزمینی موجود می‌باشد که در تمامی این آمار آنومالی جریان آب زیرزمینی در بخش جنوب و جنوب غربی آبخوان دیده می‌شود. در این تحقیق تلاش شده تا بر اساس کلیه اطلاعات موجود شامل لوگ حفاری پیزومترها، اطلاعات کیفی آبخوان و اطلاعات آماربرداری سراسری، علت این آنومالی بررسی و فرضیه محتمل ارائه گردد. بدیهی است جهت اطمینان از فرضیه مطرح شده، می‌بایستی مطالعات تکمیلی شامل حفر چاههای اکتشافی و یا انجام مطالعات ژئوفیزیکی در منطقه انجام گردد.

## مواد و روش‌ها

### محدوده مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، از توابع دهستان ریزآب بخش قطرویه شهرستان نی‌ریز در استان فارس بوده که از لحاظ جغرافیایی به‌ترتیب در فاصله ۶۰ و ۱۱۰ کیلومتری از مرکز بخش (قطرویه) و مرکز شهرستان (نی‌ریز) و در محدوده غربی روستای ریزآب قرار دارد (محدوده مطالعاتی قطروئیه). محدوده مورد مطالعه در موقعیت جغرافیایی ″۵۰ ′۴۸ °۵۴ تا ″۲۳ ′۳ °۵۵ طول شرقی و ″۱۲ ′۴۰ °۲۸تا ″۳۶ ′۵۰ °۲۸ عرض شمالی واقع شده است. شکل ۱، موقعیت محدوده در تصاویر ماهواره‌ای به همراه آبخوان موجود در آن را نشان می‌دهد. آبخوان محدوده مورد مطالعه دو تکه بوده و بخش جنوب شرقی آن فاقد پیزومتر می‌باشد، بنابراین در این

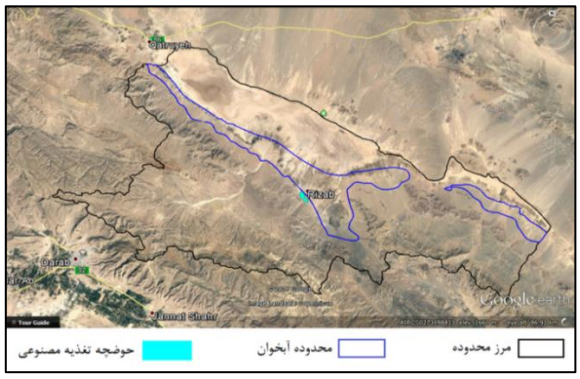
[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.1.1.7 ]
[ DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019713 ]

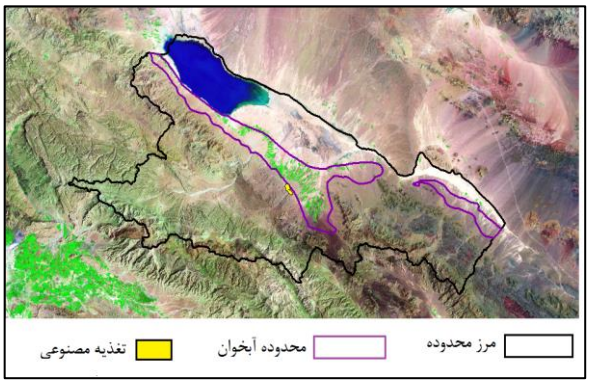
[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.1.1.7 ]

[ DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019713 ]

تحقیق، بررسی‌ها مربوط به آبخوان بزرگتر در بخش شمال شرقی می‌باشد. حوضه ریزآب با مساحت ۲۱۶ کیلومترمربع و محیط ۸۶ کیلومتر، دارای حداقل ارتفاع ۱۶۳۰ متر و حداکثر ارتفاع ۳۰۶۷ متر از سطح آبهای آزاد می‌باشد. در بخش مرکزی محدوده یک حوضچه تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی وجود دارد که در فصول پربارش قادر به تغذیه آبخوان می‌باشد. کویر قطروئیه در بخش شمال شرقی محدوده مورد مطالعه و یا بخش شمالی آبخوان قرار دارد. بر اساس مدل ارتفاعی رقومی (DEM) و ترسیم آبراهه‌های موجود، شیب سطح زمین در محدوده مورد مطالعه به سمت کویر قطروئیه می‌باشد (شکل ۲).



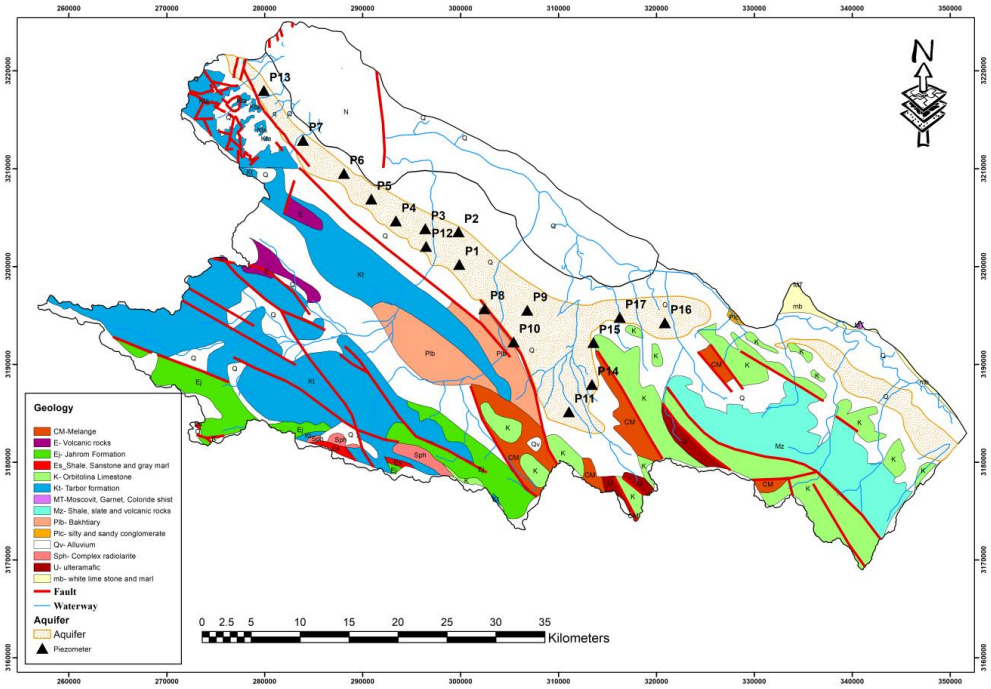

شکل ۱. موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه (محدوده مطالعاتی قطروئیه) و آبخوان موجود در آن (شکل سمت راست تصویر Google earth و شکل سمت چپ تصویر ماهواره Landsat 7 می‌باشد)

Fig. 1. Geographical location of the study area (Qatroiyeh study area) and the aquifer in it (the image on the right is the Google Earth image and the image on the left is the Landsat 7 satellite image)

## زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه

نتایج حاصله از مطالعات زمین شناسی منطقه بیانگر این است که قسمت اعظم منطقه در زون زاگرس مرتفع واقع گردیده است (Aghanabati, 2004). روراندگی زاگرس از پدیده های ساختاری مهمی است که در تاریخچه تکامل منطقه نقش اساسی دارد و با راستای شمال غربی-جنوب شرقی یال جنوب شرقی، کوهستان نیریز را محصور نموده است و طی فازهای کوه زایی سیمرین پیشین تا لارامید و بر اثر برخورد قاره-قاره شکل گرفته است (Aghanabati, 2004). روراندگی هایی که همسو با این گسل در باریکه زون تراستی زاگرس پدید آمده در ساختار فلسی منطقه و شکل گیری قطعات نابرجای الیستولیتی که مهمترین و عظیم ترین آنها در کوهستان نیریز می باشند از نقش اساسی برخوردار بوده است. در این منطقه سنگهای مزوزوییک به طرف جنوب غربی رانده، که با ساختارهای فلسی روی قسمت بالایی مزوزوییک و سنوزوییک قرار گرفته است. روراندگی زاگرس با امتداد مستقیم و شمال غربی – جنوب شرقی نشانگر یک شکستگی بسیار عمیق و قدیمی است که مرز سکوی عربی و ایرانی را مشخص می کند (Aghanabati, 2004). چون منطقه رورانده زاگرس مرتفع‌ترین قسمت کوههای زاگرس را در بر می گیرد، به همین جهت آن را زاگرس مرتفع نیز می نامند. وجود سنگهای اولترابازیک و افیولیت همراه با رادیولاریت ها که در این نواحی گسترش زیادی دارند، از ویژگی های منطقه رورانده زاگرس است و آن را از منطقه چین خورده زاگرس متمایز می کند (Aghanabati, 2004).

همچنین بخش های شرق محدوده بخشی از زون سنندج-سیرجان محسوب شده و شدیداً تحت تأثیر حرکات تکتونیکی قرار گرفته است. سنگ های دگرگونی پالئوزوییک در اثر روراندگیهای متعدد در بعضی از مناطق بخصوص در شمال دشت بر روی سازندهای ژوراسیک رانده شده است . تحول زون ساختاری سنندج-سیرجان به انتهای پرکامبرین و آغاز کامبرین تا سیلورین بالایی مربوط می شود. شکل ۲ نشان دهنده نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه به همراه موقعیت آبخوان و پیزومترهای موجود در آن است. همانگونه که در شکل مشاهده می‌گردد، بخش جنوب غربی و غربی آبخوان توسط یک گسل از کوهستان مجاور آن جدا شده است.




شکل ۲. نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه به همراه موقعیت آبخوان و پیزومترهای موجود در آن

Fig. 2. Geological map of the studied area along with the location of the aquifer and piezometers in it

## بررسی آب زیرزمینی منطقه

جهت بررسی آب زیرزمینی منطقه، هیدروگراف واحد، نقشه-های هم‌تراز، هم‌عمق و هم‌افت آب زیرزمینی برای شناسایی کلی منابع آب زیرزمینی و تفسیر آنها ترسیم می‌گردد. بعلاوه بر اساس نتایج آنالیز کیفی آب زیرزمینی، نمودارهای کیفی ترسیم گردید. بر اساس بررسی‌های انجام شده و تحقیقات پیشین محدوده مورد مطالعه دارای یک آبخوان آبرفتی آزاد و یک آبخوان سنگ سخت بوده ( Report on the prohibition extension of the Qatrouie Desert, 2013) که تعداد ۱۷ پیزومتر در آبخوان آبرفتی آزاد آن حفر گردیده است. مقادیر عمق آب در این پیزومترها در طول دوره آماری ۱۲ ساله (از سال ۸۸-۱۳۸۷ تا ۱۴۰۰-۱۳۹۹) موجود می‌باشد. مشخصات این پیزومترها در جدول ۱ و موقعیت آنها در شکل ۲ نشان داده شده است. جهت اختصار عمق آب زیرزمینی در آخرین سال آماری به همراه پارامترهای آماری دراز مدت آن در جدول آورده شده است. عمق و ارتفاع نقطه نشانه پیزومترهای موجود در محدوده در شکل ۳ نشان داده شده است. همانگونه که در شکل ملاحظه می‌گردد، با توجه

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.1.1.7 ]
[ DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019713 ]

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.1.1.7 ]

[ DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019713 ]

به جهت کلی توپوگرافی منطقه، ارتفاع نقطه نشانه پیزومترها از چپ به راست و از پایین به بالا کاهش پیدا می‌کند. همچنین بر اساس این شکل بیشترین عمق پیزومترها مربوط به بخش جنوبی و جنوب غربی آبخوان می‌باشد. همانگونه که در شکل مشاهده می‌گردد، بخش شمال شرقی آبخوان نواری شکل بوده و پیزومترهای متعدد در آن در جهت جریان آب زیرزمینی (از ارتفاعات به سمت دشت) موجود نمی‌باشد.

شکل ۴ نشان دهنده هیدروگراف واحد محدوده مورد مطالعه می‌باشد. همانگونه که مشاهده می‌گردد، در طول دوره آماری سطح آب زیرزمینی حدود ۱۰ متر افت داشته است که به مقدار سالانه حدود ۹۰ سانتی‌متر می‌باشد.

شکل ۵ نشان دهنده خطوط هم پتانسیل آب زیرزمینی در شهریور ماه ۱۳۹۹ به عنوان معرف فصل خشک و در اسفند ماه ۱۳۹۸ به عنوان معرف فصل تر می‌باشد. همانگونه که در شکل ۵ مشاهده می‌گردد، بر خلاف انتظار، جهت جریان آب زیرزمینی در بخش جنوب و جنوب غربی آبخوان بر خلاف جهت شیب توپوگرافی، از سمت کویر به سمت کوهستان می‌باشد. با توجه به آزاد بودن آبخوان آبرفتی، این آنومالی جریان و عدم تبعیت آن از شیب توپوگرافی غیر طبیعی بوده و بایستی برای تعیین دلیل آن بررسی‌های بیشتری انجام گردد. بر این اساس با هماهنگی با کارشناسان سازمان آب منطقه‌ای، اندازه‌گیری‌های مجدد عمق آب زیرزمینی در تمامی پیزومترهای منطقه انجام شده و با داده‌های آماری دراز مدت مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج مشخص نمود که در اندازه‌گیری داده‌ها خطایی وجود نداشته و این روند آنومالی جریان در تمامی سالهای برداشت عمق آب پیزومترها تکرار شده است. بررسی ترازیابی لبه پیزومترها برای پیزومترهای جنوب و جنوب غربی آبخوان مجدداً انجام شده و از این بابت نیز خطایی وجود ندارد. بنابراین، با اطمینان از دقت داده‌ها در عمق آب زیرزمینی و ترازیابی لبه پیزومتر، جهت بررسی دقیق‌تر از تمامی اطلاعات موجود در منطقه، شامل نتایج مطالعات آماربرداری، آنالیز کیفی، لوگ حفاری چاهها و تحقیقات پیشین منطقه استفاده گردید.

شکل ۶ نشان دهنده نقشه خطوط هم عمق (شکل سمت چپ) و هم افت (شکل سمت راست) آبخوان می‌باشد. بر اساس این شکل بیشترین عمق آب زیرزمینی در بخش جنوب و جنوب غربی آبخوان می‌باشد و بخش‌های شمالی و شرقی آبخوان دارای عمق کمتری می‌باشد. همچنین نقشه هم‌افت آب زیرزمینی نشان می‌دهد که بخش مرکزی و جنوبی آبخوان دارای بیشترین افت سطح آب زیرزمینی می‌باشد. شکل ۷ نشان دهنده موقعیت چاههای بهره‌برداری (بر اساس اطلاعات آماربرداری، شکل سمت چپ) و منابع انتخابی کیفی (شکل سمت راست) در محدوده مورد مطالعه می‌باشد. همانگونه که در شکل مشاهده می‌گردد، تمرکز چاههای بهره‌برداری در بخش مرکزی و جنوب غربی آبخوان وجود دارد. بعلاوه بر اساس این شکل، تمرکز منابع انتخابی کیفی (شکل سمت راست) در بخش جنوب غربی آبخوان و حوالی پروژه تغذیه مصنوعی و عدم وجود منابع انتخابی کیفی در پایین دست آن مشخص است که باعث می‌شود تحلیل‌های کیفی آب زیرزمینی در این محدوده دقت کافی را نداشته باشند (بهتر بود در جهت شیب توپوگرافی و از سمت کوهستان به کویر چندین منبع انتخابی کیفی لحاظ شود تا تغییرات آب زیرزمینی در طول مسیر جریان مشخص گردد) . شکل ۸ نشان‌دهنده خطوط هم هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در زمستان ۱۳۹۸ و تابستان ۱۳۹۹ به عنوان به ترتیب معرف فصل تر و خشک در محدوده مورد مطالعه می‌باشند. انتظار این است که از سمت کوهستان (سمت چپ) به سمت کویر قطروئیه (سمت راست) هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در جهت جریان مورد انتظار افزایش پیدا کند. این روند بصورت کلی قابل مشاهده است. لازم به ذکر است که

بر اساس شکل ۷ موقعیت منابع انتخابی کیفی در محدوده جنوب و جنوب غربی توزیع مناسبی در طول مسیر جریان ندارد. همچنین بر اساس این نقشه سه ورودی عمده آب زیرزمینی (با کمترین مقدار هدایت الکتریکی) قابل مشاهده است که این سه ورودی در بخش‌های جنوبی، مرکزی و شمال شرقی آبخوان دیده می‌شود. شکل ۹ نشان دهنده خطوط هم‌کلر آب زیرزمینی بر حسب میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. همانگونه که در شکل مشاهده می‌گردد، بصورت کلی از سمت کوهستان به سمت کویر شاهد افزایش مقدار کلر در آب زیرزمینی می‌باشیم. این موضوع و نقشه‌های هم هدایت الکتریکی تأیید کننده جهت جریان آب زیرزمینی از کوهستان به کویر می‌باشد. بعلاوه در بخش‌های جنوبی، مرکزی و شمال شرقی آبخوان شاهد کمترین مقدار کلر می‌باشیم که می‌توانند همان ورودی‌های اصلی آبخوان باشند.

جهت بررسی بیشتر هیدروشیمیایی منطقه از اطلاعات آنالیز کامل کیفی چاههای بهره‌برداری انتخابی استفاده گردید که نتایج آنالیز در جدول ۲ و موقعیت منابع در شکل ۱۰ (شکل سمت چپ) موجود می‌باشد. در ابتدا بر اساس مقادیر هدایت الکتریکی، خطوط هم‌مقدار هدایت الکتریکی ترسیم گردید. نقشه سمت راست شکل ۱۰ نشان دهنده خطوط هم هدایت الکتریکی آبخوان بر اساس اطلاعات جدول ۲ می‌باشد. این شکل مشابه شکل‌های ۸ و ۹ نشان دهنده افزایش مقدار هدایت الکتریکی در جهت شیب توپوگرافی از سمت کوهستان به سمت کویر و وجود سه ورودی اصلی آب زیرزمینی به آبخوان در بخش جنوبی، مرکزی و شمال شرقی آبخوان است. بطور کلی با تفسیر نقشه‌های کیفی آب آبخوان مشخص می‌گردد که جهت جریان آب زیرزمینی در پیزومترهای منطقه در بخش جنوبی و جنوب غربی همخوانی با شرایط کیفی آبخوان ندارند. شکل‌های ۱۱ و ۱۲ بر اساس اطلاعات جدول ۲ ترسیم شده است. شکل ۱۱ نشان دهنده نمودار سری کلی املاح موجود در نمونه‌ها (سمت چپ) و نمودار شولر (سمت راست) می‌باشد. همانگونه که در نمودار سمت چپ شکل مشاهده می‌گردد، آنیون غالب تمامی نمونه‌ها کلر بوده و کاتیون غالب اکثر نمونه‌ها سدیم می‌باشد که نشان دهنده تیپ غالب سدیم کلراید در اکثر نمونه‌ها می‌باشد. همچنین نمونه‌های WW1, WW9 و WW18 دارای کمترین میزان املاح می‌باشند که با فرض وجود ورودی در جنوب، مرکز و شمال شرقی آبخوان همخوانی دارد. همچنین این سه نمونه در نمودار شولر بسیار پایین‌تر از سایر نمونه‌ها قرار گرفته‌اند که نشان دهنده کیفیت بهتر آنها در ورودی به آبخوان می‌باشد. شکل ۱۲ نشان دهنده نمودار پایپر (سمت چپ) و دورو (سمت راست) نمونه‌های موجود در جدول ۲ می‌باشد. بر اساس نمودار پایپر و دورو، هر سه نمونه WW1, WW9 و WW18 در یک محدوده و نزدیک یکدیگر قرار می‌گیرند که احتمال ورودی بودن این نقاط را تقویت می‌نماید. بنابراین، بر اساس ترسیم و تفسیر اطلاعات جدول ۲ نیز، جهت جریان آب زیرزمینی بایستی در جهت شیب توپوگرافی و از کوهستان به سمت کویر باشد که همخوانی با آنومالی جریان آب زیرزمینی در پیزومترها در بخش جنوبی و جنوب غربی آبخوان ندارد.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.1.1.7 ]
[ DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019713 ]

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.1.1.7 ]

[ DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019713 ]

جدول ۱- نام، ارتفاع نقطه نشانه و عمق پیزومترهای موجود در محدوده به همراه عمق آب در آنها در سال ۲۰۱۹-۲۰۲۰ و میانگین‌های دراز مدت آنها

Table 1- The name, height of the mark point and depth of the piezometers in the area along with the water depth in them in 2019-2020 and their long-term averages

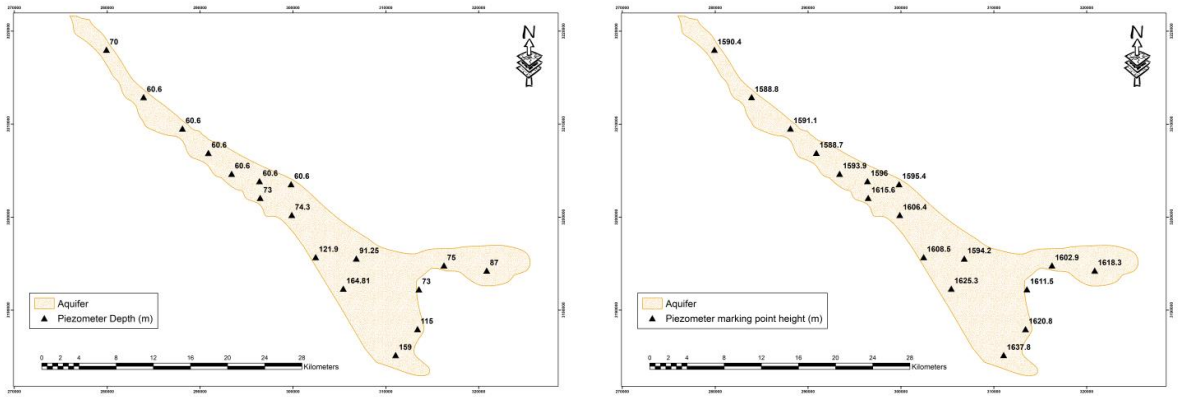
| Number | Name | (Marking point height (m | m)Piezometer depth) | Water table depth (m) | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Oct-19 | Nov-19 | Dec-19 | Jan-20 | Feb-20 | Mar-20 | Apr-20 | May-20 | Jun-20 | Jul-20 | Aug-20 | Sep-20 | Maximum long term | Minimum long term | Average long term |
| 1 | P1 | 1606.4 | 74.3 | 71.26 | 70.91 | 70.32 | 70.01 | 69.49 | 69.66 | 70.11 | 70.44 | 70.68 | 71 | 70.97 | 71.06 | 71.26 | 48.08 | 63.2 |
| 2 | P2 | 1595.4 | 60.6 | 53.34 | 53.18 | 52.92 | 52.72 | 52.79 | 53.24 | 53.31 | 53.38 | 53.46 | 53.4 | 53.29 | 53.3 | 53.46 | 31.96 | 45.87 |
| 3 | P3 | 1596.0 | 60.6 | 44 | 43.22 | 43.52 | 41.76 | 42.03 | 42.31 | 42.12 | 42.02 | 42.58 | 43.2 | 43.59 | 43.78 | 44.1 | 24.01 | 35.69 |
| 4 | P4 | 1593.9 | 60.6 | 28.9 | 28.92 | 29.01 | 29.07 | 29.06 | 29.08 | 29.11 | 29.15 | 29.21 | 29.26 | 29.35 | 29.43 | 29.43 | 18.65 | 24.34 |
| 5 | P5 | 1588.6 | 60.6 | 26.43 | 26.44 | 26.34 | 26.24 | 26.17 | 26.33 | 26.36 | 26.42 | 26.43 | 24.47 | 26.74 | 26.59 | 26.74 | 15.08 | 21.38 |
| 6 | P6 | 1591.1 | 60.6 | 20.74 | 20.52 | 19.97 | 19.82 | 20 | 20.09 | 20.35 | 20.47 | 20.59 | 20.73 | 20.8 | 20.82 | 21.62 | 16.6 | 19.24 |
| 7 | P7 | 1588.8 | 60.6 | 23.87 | 23.91 | 23.84 | 23.69 | 23.54 | 23.63 | 23.81 | 23.94 | 24.02 | 24.15 | 24.23 | 24.27 | 24.27 | 17.56 | 21.59 |
| 8 | P8 | 1608.5 | 121.9 | 100.97 | 100.98 | 101.01 | 101.14 | 101.14 | 101.24 | 101.31 | 101.4 | 101.62 | 101.8 | 101.64 | 101.71 | 101.8 | 93.27 | 97.15 |
| 9 | P9 | 1594.2 | 91.25 | 81.9 | 81.9 | 81.9 | 81.9 | 81.9 | 81.9 | 81.9 | 81.9 | 81.9 | 81.9 | 81.9 | 81.9 | 82.58 | 71.86 | 79.76 |
| 10 | P10 | 1625.3 | 164.81 | 147.08 | 147 | 146.71 | 146.2 | 146.25 | 146.01 | 145.98 | 146.16 | 146.3 | 146.7 | 146.43 | 146.52 | 147.08 | 113.2 | 141.63 |
| 11 | P11 | 1637.8 | 159 | 152.76 | 152.76 | 152.76 | 152.76 | 152.76 | 152.76 | 152.76 | 152.76 | 152.76 | 152.76 | 152.76 | 152.76 | 152.76 | 118.27 | 140.12 |
| 12 | P12 | 1615.6 | 73 | 71.01 | 71.01 | 71.01 | 71.01 | 71.01 | 71.01 | 71.01 | 71.01 | 71.01 | 71.01 | 71.01 | 71.01 | 71.15 | 43.95 | 59.75 |
| 13 | P13 | 1590.4 | 70 | 39.39 | 39.28 | 39.15 | 38.86 | 38.99 | 39.21 | 39.3 | 39.4 | 39.48 | 39.51 | 39.61 | 39.55 | 42.15 | 23.96 | 37.53 |
| 14 | P14 | 1620.8 | 115 | 87.62 | 87.65 | 87.68 | 87.59 | 87.74 | 87.82 | 87.87 | 87.95 | 87.98 | 88 | 87.71 | 87.97 | 88 | 76 | 86.1 |
| 15 | P15 | 1611.5 | 73 | 35.95 | 35.97 | 36 | 36.05 | 36.07 | 36.13 | 36.19 | 36.22 | 36.27 | 36.34 | 36.3 | 36.37 | 36.37 | 29.26 | 33.03 |
| 16 | P16 | 1618.3 | 87 | 62.42 | 61.44 | 60.66 | 60.63 | 60.84 | 61.49 | 61.96 | 62.36 | 62.68 | 62.87 | 62.87 | 62.89 | 62.89 | 48.13 | 56.67 |
| 17 | P17 | 1602.8 | 75 | 44.22 | 44.17 | 43.91 | 43.83 | 43.82 | 43.93 | 44.05 | 44.18 | 44.29 | 44.39 | 44.38 | 44.49 | 44.49 | 35.13 | 40.5 |

جدول ۲- نتایج آنالیز کیفی آب زیرزمینی در چاههای بهره‌برداری منتخب در دی ماه ۱۳۹۹ (غلظت ها بر حسب میلی گرم بر لیتر و هدایت الکتریکی بر حسب میکروموس بر سانتی متر)

Table 2- The qualitative analysis results of groundwater in selected wells in January 2020 (Concentrations in mg/L and EC in microms/cm)

| number | Name | X | Y | Ca | Mg | Na | K | HCo3 | So4 | Cl | TDS | EC | pH | water type |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | WW1 | 277707 | 3219811 | 6.25 | 4.75 | 14.43 | 0.12 | 3.6 | 9.46 | 11.75 | 1575 | 2423 | 7.58 | Na-Cl |
| 2 | WW2 | 278783 | 3218575 | 12 | 18.25 | 71.95 | 0.52 | 5.25 | 12.37 | 81.25 | 6331 | 9740 | 7.25 | Na-Cl |
| 3 | WW3 | 281288 | 3215360 | 42.5 | 35 | 98.65 | 1.2 | 3.65 | 23.76 | 148.75 | 10497 | 16149 | 7.3 | Na-Cl |
| 4 | WW4 | 282861 | 3213345 | 35 | 26.75 | 79.65 | 1.1 | 2.7 | 17.55 | 120 | 8529 | 13121 | 7.5 | Na-Cl |
| 5 | WW5 | 286247 | 3211041 | 31 | 23.5 | 70.68 | 0.98 | 2.6 | 22.02 | 102.5 | 8200 | 12616 | 7.5 | Na-Cl |
| 6 | WW6 | 290817 | 3206546 | 52.5 | 37 | 84.01 | 1.1 | 3.4 | 39.32 | 132.5 | 10497 | 16149 | 7.09 | Na-Cl |
| 7 | WW7 | 294278 | 3204166 | 13 | 9 | 53.1 | 0.45 | 2.8 | 14.81 | 57 | 4527 | 6964 | 7.66 | Na-Cl |
| 8 | WW8 | 296265 | 3203325 | 15 | 25 | 34.13 | 0.48 | 3.1 | 15.12 | 55 | 4527 | 6964 | 7.54 | Mg-Cl |
| 9 | WW9 | 297790 | 3200835 | 3.45 | 2.35 | 4.04 | 0.04 | 3 | 3.37 | 3.6 | 630 | 969 | 8.15 | Mg-Cl |

| number | Name | X | Y | Ca | Mg | Na | K | HCo3 | So4 | Cl | TDS | EC | pH | water type |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | WW10 | 300098 | 3202176 | 51.25 | 40.25 | 88.49 | 1.2 | 2.3 | 32.12 | 145 | 10497 | 16149 | 7.47 | Na-Cl |
| 11 | WW11 | 300932 | 3197820 | 57 | 51.5 | 97.11 | 1.5 | 2.5 | 53.4 | 157.5 | 12137 | 18672 | 7.46 | Mg-Cl |
| 12 | WW12 | 304776 | 3193525 | 40 | 30 | 65.2 | 0.98 | 3.3 | 40.54 | 91.38 | 8200 | 12616 | 7.07 | Na-Cl |
| 13 | WW13 | 305098 | 3192337 | 7 | 8.5 | 38.51 | 0.31 | 3 | 11.22 | 39.5 | 3346 | 5148 | 7.72 | Na-Cl |
| 14 | WW14 | 305797 | 3191625 | 10.25 | 9.25 | 45.69 | 0.36 | 3.15 | 13.01 | 48 | 4035 | 6208 | 7.5 | Na-Cl |
| 15 | WW15 | 306857 | 3189659 | 42.5 | 35.75 | 65.87 | 1.1 | 3.3 | 23 | 117.5 | 8857 | 13626 | 7.05 | Mg-Cl |
| 16 | WW16 | 307886 | 3191340 | 63 | 52 | 118.55 | 1.7 | 2.5 | 67.13 | 162.5 | 13121 | 20186 | 7.39 | Na-Cl |
| 17 | WW17 | 310146 | 3185099 | 11 | 13 | 61.07 | 0.48 | 2.8 | 11.39 | 70.5 | 5445 | 8377 | 7.54 | Na-Cl |
| 18 | WW18 | 311617 | 3185230 | 1.7 | 1.35 | 4.76 | 0.04 | 3.2 | 2.62 | 2 | 492 | 757 | 7.9 | Na-Cl |
| 19 | WW19 | 314130 | 3195256 | 12.5 | 12.6 | 60.24 | 0.45 | 3 | 21.41 | 61.75 | 5413 | 8327 | 7.58 | Na-Cl |
| 20 | WW20 | 314289 | 3183271 | 7 | 5 | 23.25 | 0.16 | 3.2 | 11.19 | 20.5 | 2165 | 3331 | 7.72 | Na-Cl |
| 21 | WW21 | 317509 | 3195794 | 45 | 36 | 76.7 | 1.1 | 3.5 | 19.11 | 137.5 | 9185 | 14130 | 7.03 | Na-Cl |
| 22 | WW22 | 319042 | 3194150 | 52.5 | 43 | 99.7 | 1.6 | 2.5 | 10.35 | 183.75 | 11153 | 17158 | 7.46 | Na-Cl |
| 23 | WW23 | 321621 | 3193045 | 10.25 | 12.75 | 41.8 | 0.45 | 3.2 | 21.1 | 40.5 | 4068 | 6258 | 7.63 | Na-Cl |
| 24 | WW24 | 323199 | 3195261 | 47 | 38.25 | 83.05 | 1.2 | 3.4 | 16.22 | 147.5 | 9841 | 15140 | 7.04 | Na-Cl |




شکل ۳. عمق (شکل سمت چپ) و ارتفاع نقطه نشانه (شکل سمت راست) پیزومترهای موجود در محدوده آبخوان بر حسب متر

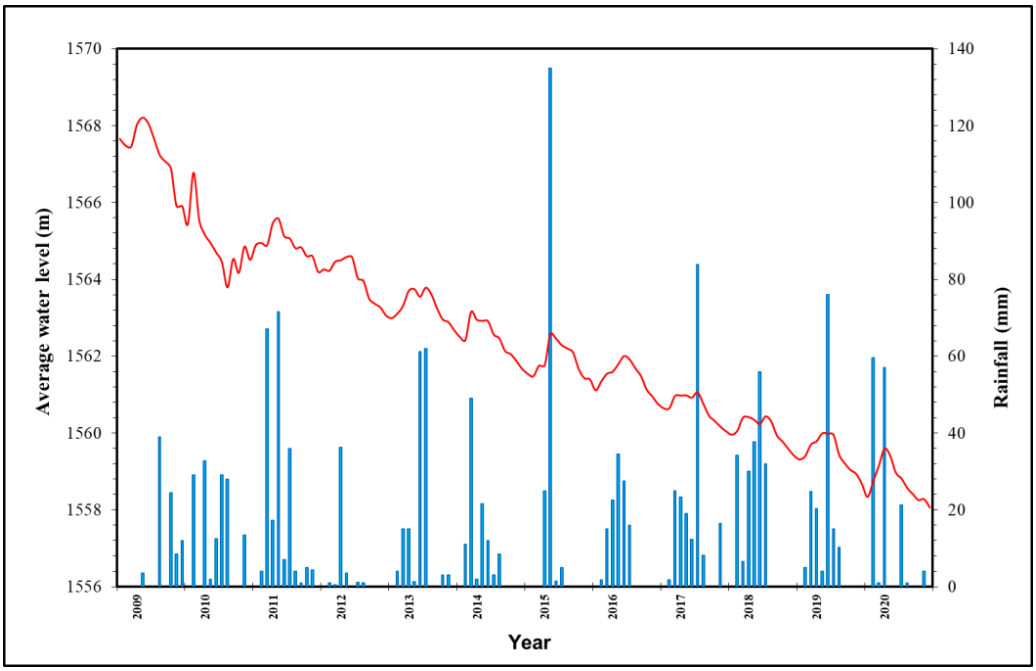
Fig. 3. The depth (left figure) and the height of the mark point (right figure) of the piezometers in the aquifer area in meters

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.1.1.7 ]
[ DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019713 ]

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

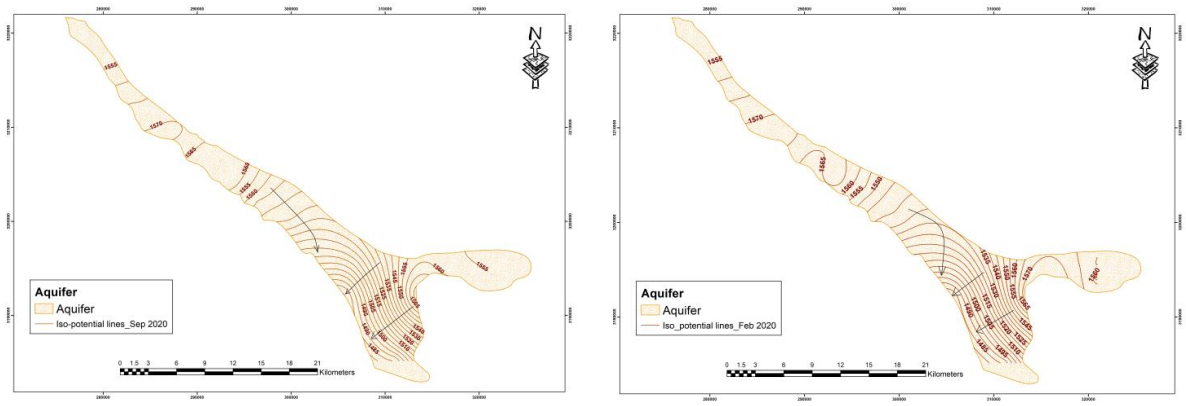
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.1.1.7 ]

[ DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019713 ]



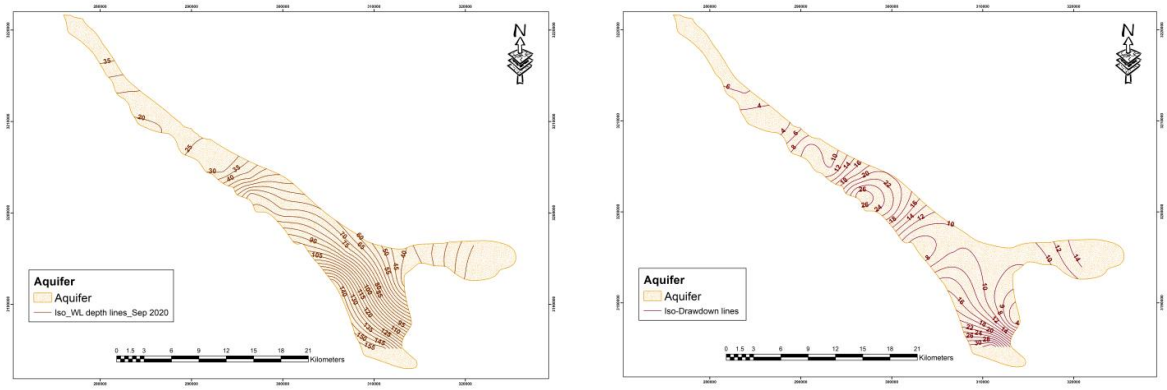

شکل ۴. نمودار هیدروگراف واحد محدوده مورد مطالعه

Fig. 4. Unit hydrograph diagram of the studied area



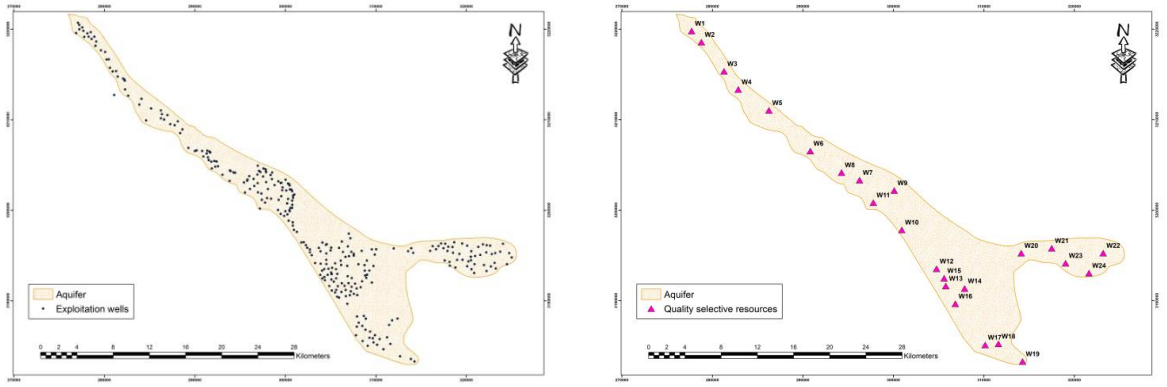

شکل ۵. خطوط هم پتانسیل آب زیرزمینی در شهریور ماه ۱۳۹۹ (شکل سمت چپ) و در اسفند ماه ۱۳۹۸ (شکل سمت راست) بر حسب متر در محدوده آبخوان

Fig. 5. Equipotential lines of ground water in September 2020 (left figure) and in Feb 2020 (right figure) in meters in the aquifer area



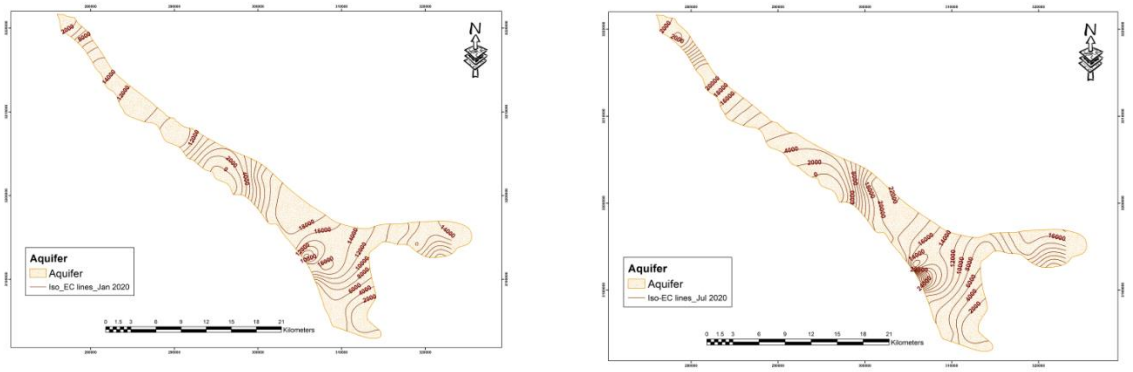

شکل ۶. خطوط هم عمق آب زیرزمینی در شهریور ماه ۱۳۹۹ (شکل سمت چپ) و خطوط هم افت آب زیرزمینی (شکل سمت راست) بر حسب متر در محدوده آبخوان

Fig. 6. Contours of groundwater depth in September 2020 (figure on the left) and contours of groundwater drawdown (figure on the right) in meters in the area of the aquifer




شکل ۷. موقعیت چاههای بهره‌برداری موجود در منطقه (شکل سمت چپ) و منابع انتخابی کیفی (شکل سمت راست) در محدوده آبخوان

Fig. 7. The location of the production wells in the area (left figure) and qualitatively selected sources (right figure) in the aquifer area




شکل ۸. خطوط هم هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در زمستان ۱۳۹۸ (شکل سمت چپ) و تابستان ۱۳۹۹ (شکل سمت راست) بر حسب میکروموس بر سانتی‌متر در محدوده آبخوان

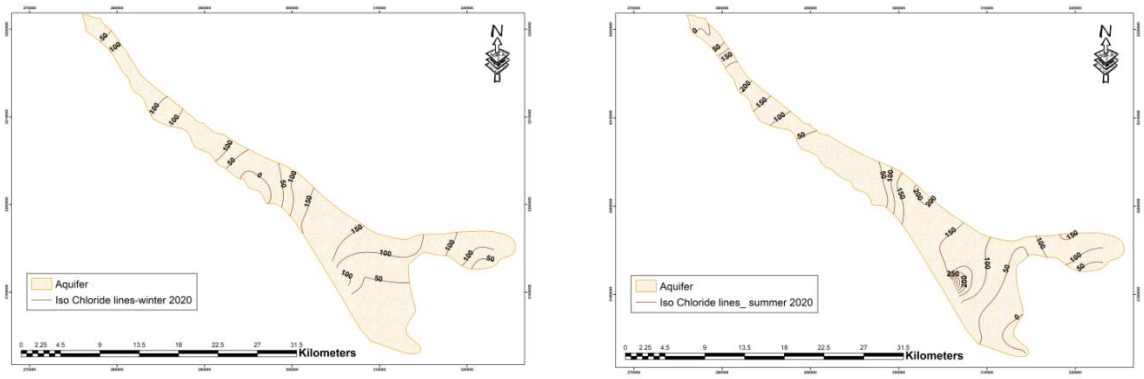
Fig. 8. Electric conductivity lines of underground water in winter 2018 (left figure) and summer 2019 (right figure) in terms of microms/cm in the aquifer area

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.1.1.7 ]
[ DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019713 ]

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

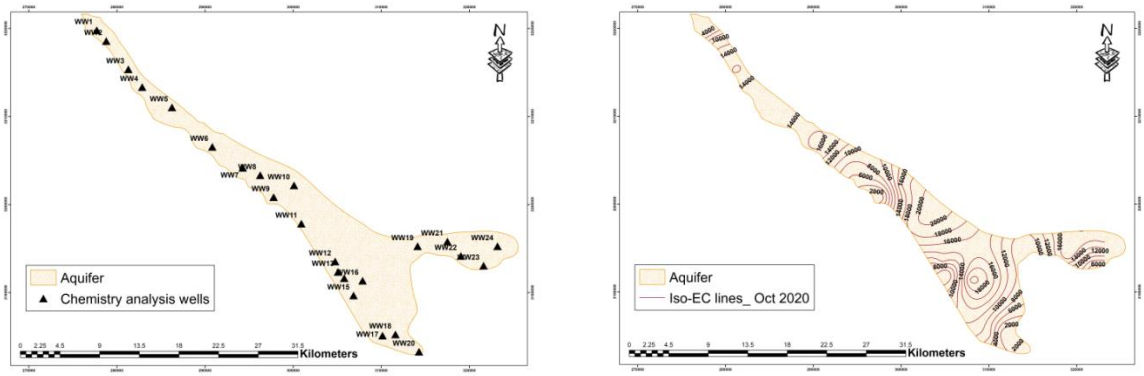
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.1.1.7 ]

[ DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019713 ]



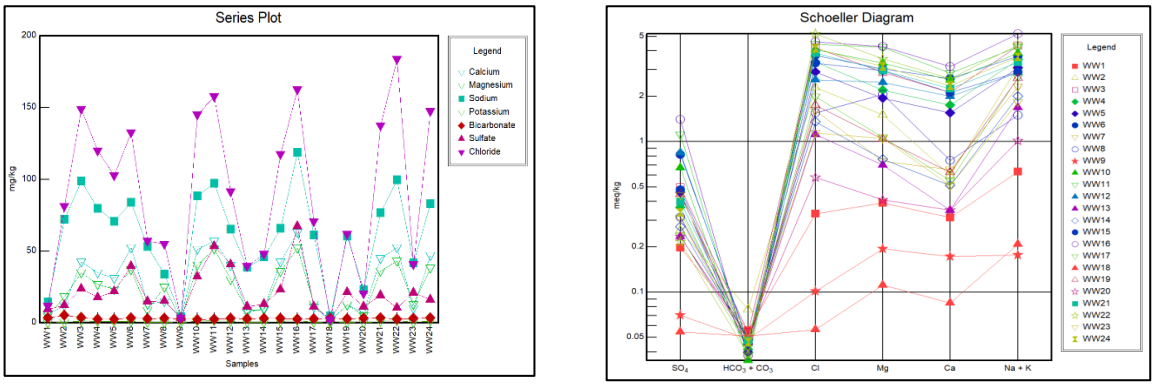

شکل ۹. خطوط هم مقدار کلر آب زیرزمینی در زمستان ۱۳۹۸ (شکل سمت چپ) و تابستان ۱۳۹۹ (شکل سمت راست) بر حسب میلی‌گرم بر لیتر در محدوده آبخوان

Fig. 9. Lines of equal amounts of groundwater chlorine in winter 2019 (left figure) and summer 2020 (right figure) in terms of miligeram per liter in the aquifer area



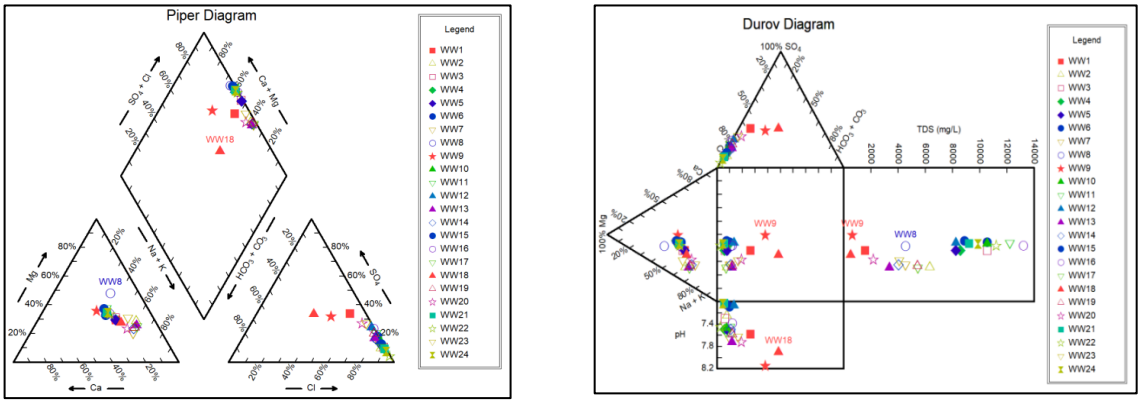

شکل ۱۰. موقعیت منابع انتخابی جهت انجام آنالیز کامل کیفی (شکل سمت چپ) و خطوط هم مقدار هدایت الکتریکی در آبان ماه ۱۳۹۹ بر حسب نتایج آنالیز کامل کیفی بر حسب میکروموس بر سانتی‌متر (شکل سمت راست) در محدوده آبخوان

Fig. 10. The location of selected resources for performing complete qualitative analysis (left figure) and iso-lines of electrical conductivity in November 2019 according to the results of complete qualitative analysis in terms of micromouse per centimeter (right figure) in the aquifer area




شکل ۱۱. نمودار سری کلی (شکل سمت چپ) و شولر (شکل سمت راست) نمونه‌های موجود در جدول ۲

Fig. 11. Diagram of total series (left figure) and Schoeller (right figure) of the examples in Table 2




شکل ۱۲. نمودار پایپر (شکل سمت چپ) و دورو (شکل سمت راست) نمونه‌های موجود در جدول ۲
Fig. 12. Piper (left figure) and Durov (right figure) diagrams of the samples in Table 2

## نتایج و بحث

در این تحقیق با بررسی خطوط هم پتانسیل و جهت جریان آب زیرزمینی، نقشه خطوط هم‌عمق و هم‌افت آب زیرزمینی منطقه یک آنومالی جریان در بخش جنوب غربی آبخوان مشاهده گردید که بر خلاف انتظار جهت جریان آب زیرزمینی از کویر به سمت کوهستان و در خلاف جهت شیب توپوگرافی می‌باشد. همچنین بر اساس بررسی‌های صورت گرفته هیچ یک از پیزومترهای محدوده مورد مطالعه با سنگ کف برخورد نداشته‌اند و هیچ مطالعه ژئوفیزیکی در محدوده مورد مطالعه تاکنون صورت نگرفته است (Fars Regional Water Organization, 2020). بنابراین تنها بر اساس اطلاعات موجود (اطلاعات آماربرداری سراسری و لوگ پیزومترها و نتایج آنالیز شیمیایی)، بررسی‌های تکمیلی جهت تعیین علت آنومالی جریان انجام شده است. بدیهی است در صورت انجام مطالعات تکمیلی در این منطقه و دستیابی به اطلاعات بیشتر و دقیق‌تر، تحلیل‌های مستندتر و دقیق‌تری امکان‌پذیر خواهد بود.

اولین و قابل اعتماد ترین اطلاعات موجود در منطقه، لوگ حفاری پیزومترها می‌باشد. بر اساس بررسی لوگ حفاری چاههای پیزومتری منطقه ، مشخص گردید که در تعداد ۵ پیزومتر میان‌لایه رسی وجود دارد که این میان‌لایه‌های رسی می‌توانند به عنوان جداکننده فیزیکی دو آبخوان عمل کنند. این پیزومترها شامل پیزومترهای P10 (لایه رسی در عمق ۹۰ تا ۱۲۰ متری)، پیزومتر P11 (لایه رسی در عمق ۱۱۷ تا ۱۳۸ متری)، پیزومتر P14 (لایه رسی در عمق ۱۰۸ متری)، پیزومتر P8 (لایه رسی در عمق ۸۱ تا ۹۵ متری)، پیزومتر P9 (لایه رسی در عمق ۲۲ تا ۴۷ متری) موجود می‌باشد. شکل ۱۰ نشان دهنده بزرگنمایی بخش جنوب غربی آبخوان است که عمق لایه رسی در پیزومترها به همراه عمق پیزومتر (شکل سمت راست) و تراز لبه بالایی پیزومتر (شکل سمت چپ) را بر اساس اطلاعات لوگ حفاری آنها نشان می‌دهد. در نقشه سمت راست شکل ۱۰ عمق سایر پیزومترهای محدوده که با میان‌لایه رسی برخورد نداشته‌اند آورده شده است (نقاط سیاه رنگ در آن نشان دهنده پیزومترهایی هستند که در لوگ حفاری آنها میان‌لایه رسی دیده نشده است). با توجه به اینکه عمق پیزومترهای P8, P9, P10, P11, P14 همگی از عمق لایه رسی بیشتر می‌باشد (بیش از ۹۰ متر) و سایر پیزومترها دارای عمقی کمتر از این مقدار می‌باشند (کمتر از ۹۰ متر)، بر اساس این اطلاعات، چنین می‌توان نتیجه‌گیری نمود که آبخوان آبرفتی

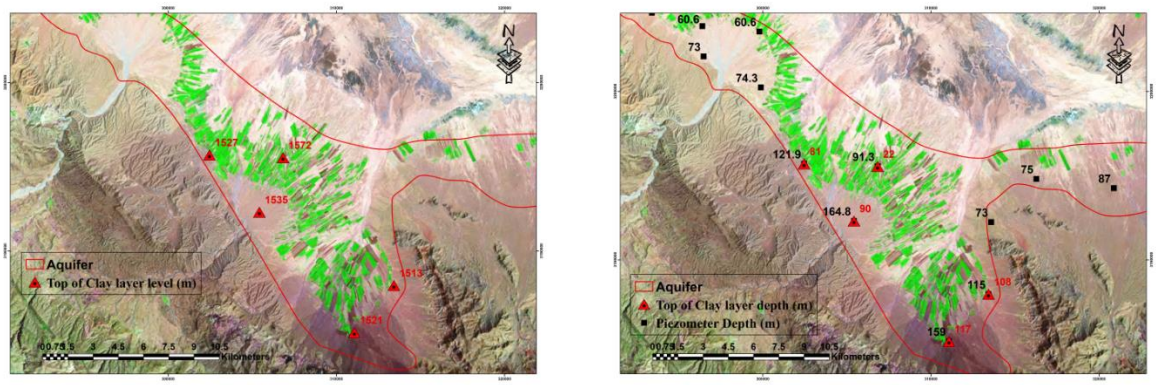
[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.1.1.7 ]
[ DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019713 ]

موجود در منطقه احتمالاً یک آبخوان دولایه بوده که توسط میان لایه رسی با ضخامت ۱۰ تا ۳۰ متر از یکدیگر جدا شده‌اند. با در نظر گرفتن عمق لایه رسی که در اکثر نقاط بیش از ۹۰ متر می‌باشد، وجود یک آبخوان محبوس در زیر این لایه و جریان منطقه‌ای آب زیرزمینی، امکان وجود جریان عمیق آب زیرزمینی وجود دارد. نتایج بررسی‌های کیفی آبخوان که در بخش پیشین ارائه شد نیز نشان دهنده یک جریان در جهت شیب توپوگرافی از کوهستان به سمت کویر (آبخوان اول، بخش بالایی لایه رسی) می‌باشد. همچنین پیچیدگی‌های زمین‌شناسی این منطقه به همراه وجود گسل در سمت چپ آبخوان، می‌توانند تایید کننده آنومالی جریان در این منطقه باشند. با در نظر گرفتن این فرضیه، پیزومترهای P8, P9, P10, P11, P14 به عنوان پیزومترهای حفر شده در آبخوان شماره ۲ (آبخوان زیرین لایه رسی با عمق تقریبی بیش از ۹۰ متر) لحاظ شده و سطح آب آنها به عنوان سطح آب آبخوان دوم در نظر گرفته می‌شود و سایر پیزومترها به عنوان پیزومترهای حفر شده در آبخوان شماره ۱ در نظر گرفته می‌شوند. بر این اساس، شکل ۱۱ ترسیم می‌گردد که در آن سطح آب زیرزمینی این دو آبخوان آبرفتی فرضی بصورت جداگانه ترسیم شده است. همانگونه که در نقشه سمت راست شکل ۱۱ مشاهده می‌گردد، جهت جریان آب زیرزمینی در پیزومترهای P8, P9, P10, P11, P14 به صورت هماهنگ و از سمت کویر به کوهستان می‌باشد. با حذف پیزومترهای P8, P9, P10, P11, P14 از کل پیزومترهای منطقه و ترسیم سطح آب زیرزمینی آنها در نقشه سمت چپ شکل ۱۱، جهت جریان آب زیرزمینی در آبخوان شماره ۱ (بالای لایه رسی) بطور کلی از سمت کوهستان به سمت کویر می‌باشد.

برای بررسی‌های بیشتر در بخش جنوب و جنوب غربی آبخوان و بررسی آنومالی جریان، از آخرین اطلاعات آماربرداری سراسری استفاده گردید. شکل ۱۲ نشان دهنده نقشه موقعیت و عمق چاههای بهره‌برداری موجود در بخش جنوب غربی آبخوان در سمت چپ و نقشه تراز آب زیرزمینی در زمان آماربرداری در سمت راست می‌باشد. همانگونه که در این شکل مشاهده می‌گردد، اکثر چاههای بهره‌برداری بخش جنوب و جنوب غربی آبخوان عمیق می‌باشند. بر اساس نقشه سمت راست شکل ۱۲، روند خاصی در تراز آب زیرزمینی این چاهها مشاهده نمی‌گردد که در واقع این تراز می‌تواند نشان دهنده سطح دینامیک آب زیرزمینی باشد که میتواند ناشی از عدم دقت در برداشت عمق آب زیرزمینی توسط اپراتور، عدم رعایت فاصله زمانی مورد نیاز برای رسیدن به سطح استاتیک پس از خاموشی چاه، روشن بودن چاههای مجاور و نزدیک در لحظه اندازه‌گیری، خطای استفاده از فایل مدل ارتفاعی رقومی (DEM) برای تراز یابی عمق آب زیرزمینی به جای ترازیابی دقیق با نقشه‌برداری و اختلاف زمانی اندازه‌گیری‌ها و ... باشد. همانگونه که قبلاً عنوان شد، بر اساس مقادیر هدایت الکتریکی، کلر و آنالیز کیفی انجام شده در منطقه جهت جریان آب زیرزمینی در امتداد شیب توپوگرافی و از کوهستان به سمت کویر است. با توجه به این موضوع که آنالیزهای کیفی در چاههای بهره‌برداری انجام می‌گردد و همچنین تراز آب زیرزمینی در تمامی چاههای بهره‌برداری بخش جنوب و جنوب غربی آبخوان بر اساس اطلاعات عمق آب زیرزمینی در آخرین آماربرداری دارای آنومالی بوده و روند خاصی را نشان نمی‌دهد، بنابراین تراز آب زیرزمینی چاههای انتخابی کیفی (شکل ۱۰) موجود در شکل ۱۲ انتخاب شده و بصورت جداگانه ترسیم می‌گردد (شکل ۱۳). همانگونه که در این شکل مشاهده می‌گردد، جهت جریان آب زیرزمینی در این چاهها دارای روند مشابه توپوگرافی منطقه بوده و از کوهستان به سمت کویر می‌باشد. بعلاوه وجود ورودی آب

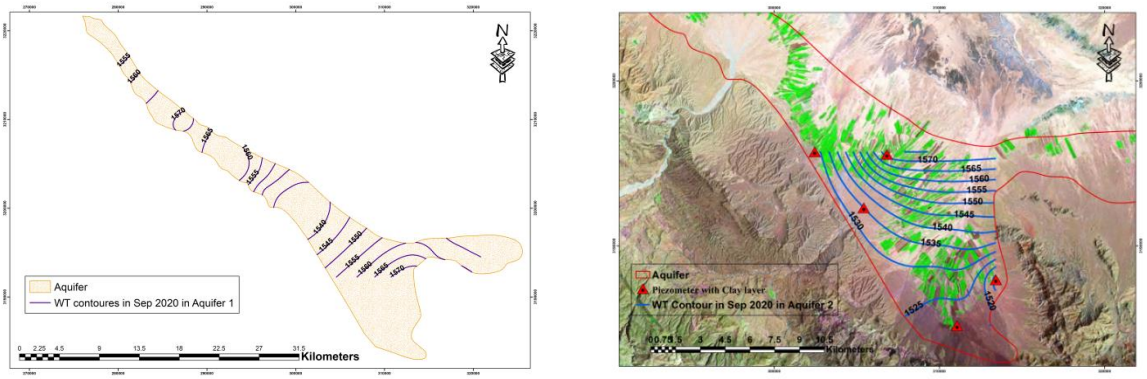
[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.1.1.7 ]
[ DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019713 ]

زیرزمینی در بخش جنوبی آبخوان به خوبی مشهود می-
باشد.




شکل ۱۰. تراز لبه بالایی لایه رسی (شکل سمت چپ) و عمق لبه بالایی لایه رسی به همراه عمق پیزومتر (شکل سمت راست) بر حسب متر در پیزومترهای جنوب غربی آبخوان

Fig. 10. The level of the upper edge of the clay layer (left figure) and the depth of the upper edge of the clay layer along with the depth of the piezometer (right figure) in meter in the southwest piezometers of the aquifer




شکل ۱۱. خطوط هم‌تراز آب زیرزمینی در شهریور ماه ۱۳۹۹ در آبخوان اول (شکل سمت چپ) و خطوط هم‌تراز آب زیرزمینی در شهریور ماه ۱۳۹۹ در آبخوان دوم (شکل سمت راست، بزرگنمایی شده در بخش جنوب غربی آبخوان) بر حسب متر

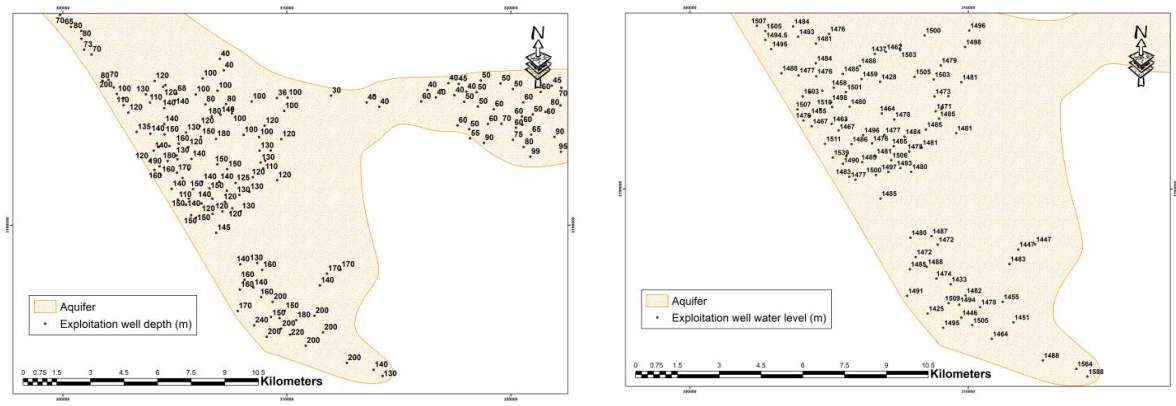
Fig. 11. Groundwater contoures in September 2020 in the first aquifer (left figure) and groundwater contours in September 2020 in the second aquifer (right figure, enlarged in the southwestern part of the aquifer), lines in Meter

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.1.1.7 ]
[ DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019713 ]

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

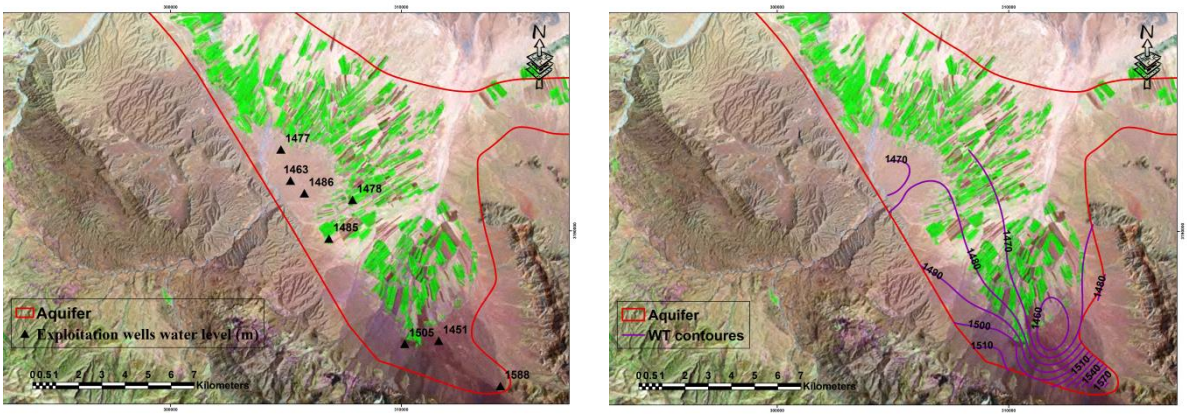
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.1.1.7 ]

[ DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019713 ]




شکل ۱۲. موقعیت و عمق چاههای بهره‌برداری منطقه در بخش جنوب غربی آبخوان (شکل سمت چپ) و تراز سطح آب زیرزمینی چاههای بهره‌برداری با عمق بیش از ۹۰ متر در بخش جنوب غربی آبخوان (شکل سمت راست) بر اساس اطلاعات آخرین آماربرداری، اعداد بر حسب متر

Fig. 12. The location and depth of exploitation wells in the southwestern part of the aquifer (left figure) and the groundwater level of the exploitation wells with a depth of more than 90 meters in the southwestern part of the aquifer (right figure) Based on the latest census data, values are in meters




شکل ۱۳. موقعیت و تراز آب زیرزمینی چاههای بهره‌برداری انتخابی آنالیز کامل کیفی (موجود در شکل ۱۰) در بخش جنوب و جنوب غربی آبخوان (شکل سمت چپ) بر اساس عمق آب آماربرداری سراسری و خطوط هم‌تراز آن (شکل سمت راست)، اعداد بر حسب متر

Fig. 13. The position and level of groundwater of the wells selected for full qualitative analysis (available in Figure 10) in the south and southwest part of the aquifer (left figure) based on the water depth of the national survey and its contoures (right figure) ), numbers in meters

## نتیجه گیری

منطقه مورد مطالعه، از توابع دهستان ریزآب بخش قطرویه شهرستان نی‌ریز در استان فارس بوده و در موقعیت جغرافیایی ۵۰ً ۴۸َ ۵۴ْ تا ۲۳ً ۳َ ۵۵ْ طول شرقی و ۱۲ً ۴۰َ ۲۸ْ تا ۳۶ً ۵۰َ ۲۸ْ عرض شمالی واقع شده است. کویر قطروئیه در بخش شمال شرقی محدوده مورد مطالعه و یا بخش شمالی آبخوان قرار دارد. بر اساس مدل ارتفاعی رقومی (DEM) و ترسیم آبراهه‌های موجود، شیب سطح زمین در محدوده مورد مطالعه به سمت کویر قطروئیه می‌باشد. از نظر زمین شناسی و تکتونیک، قسمت اعظم منطقه در زون زاگرس مرتفع واقع گردیده است که در بخش غربی آبخوان یک گسل محدوده دشت را از ارتفاعات جدا نموده است. خطوط جریان آب زیرزمینی در بخش جنوبی و جنوب غربی آبخوان آنومالی داشته و بر خلاف جهت توپوگرافی سطح زمین، از سمت کویر به سمت کوهستان می‌باشد. بر این اساس بررسی‌های بیشتری در منطقه انجام شد که شامل بررسی لوگ حفاری پیزومترهای موجود، بررسی اطلاعات آماربرداری چاههای بهره‌برداری منطقه، ترسیم خطوط هم-مقدار هدایت الکتریکی آبخوان، خطوط هم مقدار کلر آبخوان، ترسیم نمودارهای کیفی پایپر، شولر، دورو و ... می-باشد. بر اساس نقشه خطوط هم‌مقدار هدایت الکتریکی، هدایت الکتریکی آبخوان به صورت کلی از کوهستان به سمت کویر و در جهت شیب توپوگرافی افزایش پیدا می‌کند. در بخش جنوب غربی آبخوان و به دلیل عدم توزیع مناسب نقاط نمونه‌برداری کیفی و همچنین در بخش شمال شرقی به دلیل نواری بودن آبخوان و عدم وجود نقاط نمونه‌برداری متعدد در طول مسیر جریان آب، این روند به خوبی مشاهده نمی‌گردد. در نقشه خطوط هم‌مقدار کلر نیز شاهد افزایش مقدار کلر آب زیرزمینی از سمت کوهستان به کویر و در جهت شیب توپوگرافی هستیم. بعلاوه خطوط هم‌هدایت الکتریکی و هم-کلر نشان دهنده سه ورودی عمده آب زیرزمینی در بخش جنوب، مرکز و شمال شرقی آبخوان می‌باشند که در نمودارهای پایپر، شولر و دورو این نمونه‌ها نزدیک به یکدیگر قرار می‌گیرند. بررسی لوگ حفاری پیزومترهای موجود در منطقه نشان داد که در پیزومترهای P8, P9, P10, P11, P14 یک لایه رسی در عمق تقریبی، عمدتاً بیش از ۹۰ متر با ضخامت حدود ۱۰ تا ۳۰ متر وجود دارد که می‌تواند به عنوان جداکننده لایه آبرفتی از آبرفت زیرین آن باشد. بنابراین بر اساس اطلاعات موجود چنین در نظر گرفته شد که آبخوان آبرفتی دولایه در منطقه وجود دارد که برخی پیزومترها در لایه اول آن و برخی دیگر در لایه دوم (پیزومترهای P8, P9, P10, P11, P14) حفر شده‌اند. ترسیم نقشه خطوط هم‌پتانسیل این پیزومترها به صورت مجزا نشان دهنده یک جریان سطحی از کوهستان به سمت کویر و یک جریان عمیق از کویر به سمت کوهستان در عمق بیش از حدود ۹۰ متری سطح زمین می‌باشد. بررسی اطلاعات آماربرداری سراسری نشان داد که تمامی چاههای بخش جنوب غربی و جنوبی آبخوان عمیق می‌باشند اما روند تراز آب زیرزمینی در آنها نوسان شدید داشته و قابل تفسیر نمی‌باشد. بنابراین، تراز آب زیرزمینی در چاههای بهره‌برداری که برای نمونه‌برداری کیفی انتخاب شده و نشان دهنده افزایش هدایت الکتریکی در طول مسیر جریان از کوهستان به کویر می‌باشند، انتخاب شده و بر اساس تراز آب آماربرداری سراسری در آنها، خطوط جریان ترسیم گردید که نشان دهنده جریان در جهت شیب توپوگرافی و از کوهستان به سمت کویر است.

بنابراین، بر اساس کلیه بررسی‌های انجام شده و بر اساس اطلاعات موجود، احتمالاً آبخوان موجود در محدوده دولایه‌ای بوده که در لایه بالایی جهت جریان آب زیرزمینی همسو با شیب توپوگرافی و از کوهستان به سمت کویر می‌باشد. در آبخوان دوم که با یک لایه رسی از آبخوان اول جدا گردیده است، جهت جریان آب زیرزمینی خلاف جهت شیب توپوگرافی بوده و شاهد یک جریان عمیق از کویر به سمت کوهستان و گسلهای موجود در لبه آبخوان و کوهستان می-باشیم. لازم به ذکر است که پیزومترهای بخش جنوب و جنوب غربی آبخوان، در آبخوان دوم حفاری شده و جهت

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.1.1.7 ]
[ DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019713 ]

جریان آن را نشان می‌دهند. جهت تفسیر بیشتر و اطمینان از فرضیه دولایه‌ای بودن آبخوان نیاز به استفاده از اطلاعات دقیق‌تر منطقه می‌باشد که شامل انجام مطالعات ژئوفیزیک و حفر چاه پیزومتری در بخش جنوب و جنوب غربی آبخوان با برداشت دقیق لوگ حفاری و نوسانات سطح آب زیرزمینی در طول حفاری می‌باشد. افت شدید یا افزایش ناگهانی تراز آب زیرزمینی (بصورت کلی نوسان ناگهانی) در حین حفاری در محدوده آبدار آبخوان، نشان دهنده ورود به یک آبخوان دیگر با ویژگی‌های هیدرودینامیکی متفاوت می‌باشد.

## قدردانی

نویسندگان این مقاله از همکاری شرکت مهندسین مشاور پورآب فارس جهت تهیه اطلاعات تحقیق و سایر همکاری-های ایشان در راستای این تحقیق بویژه جناب آقایان دکتر ده‌بزرگی و دکتر قادری کمال تشکر و قدردانی را دارند. همچنین از شرکت سهامی آب منطقه‌ای فارس جهت در اختیار قرار دادن اطلاعات اولیه این پژوهش بسیار سپاسگزاریم.

## References

Aghanabati, A. (2004). Iran Geology. Organization of Geology and Mineral Explorations of Iran. P583.

Cordoba, E., Martinez, A., Ferrer E. (2010). Water quality indicators: comparison of a probabilistic index and a general quality index, The case of the confederacion hidrografica del jucar (spain). Ecological Indicators 10 1049-1054.

Cordoba, E. B., Martinez, A. C., & Ferrer, E. V. (2010). Water quality indicators: Comparison of a probabilistic index and a general quality index. The case of the Confederación Hidrográfica del Júcar (Spain). Ecological Indicators, 10(5), 1049-1054.

Elgali, J. A. J., Ekhwan, M., & Hashim, N. (2012). The spatial distribution of groundwater quality in the region of Derna, Libya. African Journal of Agricultural Research, 8(16), 1482-1491.

Hosseini, E. Gallichand, J. Marcotte, D. (1994). Theoretical and experimental performance of spatial interpolation methods for soil salinity analysis. Transactions of the ASAE, 37: 1799–1807.

Isaaks, E.H. and Srivastava, R.M. (1989). An Introduction to Applied Geostatistics. Oxford University Press. New York. P.561.

Moustafa, M.M. and Yomota, A. (1998). Spatial modeling of soil properties for subsurface drainage projects.journal of Irrigation and Drainage Engineering, SASCE, 124(4): 218-228.

Naderianfar, M. Hero, b. Ansari, Salari, M. (2013). Application of different geostatistical methods in order to estimate the values of EC and SAR in underground water with an emphasis on the permeability changes of the basin. Ahvaz Journal of Irrigation Science and Engineering, No. 3, p. 23. (In Persian)

Odeh, I.O.A. Todd, A.J. Triantafilis, J. McBratney, A.B. (1998). Status and trends of soil salinity at different scales: the case for the irrigated cotton growing region of eastern Australia. Nutrient Cycling in Groecosystems 50, 99–107.

Rezaei, M. Devatgar, N. Tajdari, Kh. Abolpour, b. (2010). Investigating the spatial changes of some groundwater quality indicators in Gilan province using geostatistics. Water and Soil Journal, No. 29, pp. 412-493. (In Persian)

Samra, J.S. Singh, V.P. Sharma, K.M.S. (1988). Analysis of spatial variability in sodic soils. 2: Point and block-kriging. Soil Science 145, 250–256.

Sylla, M. Stein, A. Van Breemen, N. Fresco, L.O. (1995). Spatial variability of soil salinity at

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.1.1.7 ]

[ DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019713 ]

different scales in the Mangrove rice agro-ecosystem. West Africa Agriculture, Ecosystems and Environment 54, 1–15.

Tahboub, A. Abbassi, B. Ta'any, R. Saffarini, G. (2007). Spatial variability of topsoil salinity in the lower reaches of Zerka River, central Jordan Valley.

Wang, J.H. Wu, Y.W. and Fu, Q.L. (1999). Study on spatial variability in conductivity of the coastal saline soils. Journal of Zhejiang Agricultural University. 25(2): 139-142.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.1.1.7 ]
[ DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019713 ]