دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

بررسی روند تغییرات کمی وکیفی آب زیرزمینی دشت آمل- بابل

آتیکه افضلی[1] و کاکا شاهدی[2]

۱- دانشجوی دکتری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، (نویسنده مسوول: afzali_atikeh@yahoo.com)
۲- استادیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: ۹۱/۱/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۲/۹/۱۳

چکیده

به دلیل افزایش جمعیت، نیاز فراوان به غذا و کمبود منابع آب سطحی به ویژه در دهه‌های اخیر، مساحت اراضی تحت آبیاری در کشور افزایش یافته است که این امر سیاست استفاده از منابع آب و خاک را به کلی دگرگون کرده است. آب بارش از طریق فضاهای خالی در سطح زمین به داخل خاک نفوذ می‌یابد و زمانی که با لایه‌های غیر قابل نفوذ برخورد نماید، ذخایر آب زیرزمینی را پدید می‌آورد. در سال‌های اخیر پدیده خشکسالی باعث کاهش شدید آب‌های سطحی در کشور شده و استفاده از آب‌های زیرزمینی افزایش یافته است. این امر علاوه بر افت شدید سطح آب در سفره‌های زیرزمینی، موجب تغییر کیفیت منابع آب زیرزمینی را فراهم نموده است. با توجه به مطالب فوق و اهمیت و نقش آب‌های زیرزمینی، در این تحقیق تغییرات کمی آب زیرزمینی در سال‌های ۱۳۷۷، ۱۳۸۱ و ۱۳۸۶ و تغییرات عوامل کیفی شامل *EC*، *CL*، *Hco3*، *k*، *Mg*، *Na*، *So4*، *T.D.S*، *TH* و *pH* در ابتدا و انتهای دوره مذکور در محیط Arc GIS در بخشی از دشت آمل- بابل واقع در حوزه آبخیز دریای خزر مورد بررسی قرار گرفت و روند تغییرات هر کدام از عوامل کیفی با استفاده از آزمون من-کندال تعیین گردید. نتایج تحقیق بیانگر کاهش ناچیز سطح آب زیرزمینی و بهبود وضعیت کیفی آب زیرزمینی در منطقه یاد شده می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آب زیرزمینی، تغییرات کمی و کیفی، من-کندال، دشت آمل- بابل

مقدمه

آبکره بطور کلی شامل تمامی آب‌هایی است که به شکل‌های مختلف در کره زمین و اتمسفر وجود دارد. برحسب کیفیت آب از نظر شوری، منجمد یا مایع بودن و میزان درصد قابل استفاده از مجموع آبکره، کمتر از ۱٪ از آن قابل استفاده بوده که ۹۹٪ از این مقدار را آب‌های زیرزمینی تشکیل می‌دهد (۱۴). بنابراین ممکن است در بعضی از مناطق، منابع آب سطحی محدود بوده یا به راحتی در دسترس انسان قرار نگیرد، در این قبیل مناطق می‌توان نیاز انسان‌ها را به آب از طریق آب‌های زیرزمینی برطرف نمود

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-05-01]

(۲۱). به طوری که در اغلب مناطق کشور اقدام به حفر چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق شده و در نتیجه فشار بر سفره‌های آب زیرزمینی زیاد شده است (۱۰). بر اساس آمار سال ۱۳۷۳ وزارت نیرو میزان تخلیه منابع آب زیرزمینی نسبت به سال ۱۳۵۵ حدود ۹۷٪ و نسبت به سال ۱۳۶۳ حدود ۴۲٪ افزایش یافته و کسری بیلان این منابع به ۷/۳ میلیارد مترمکعب رسیده است (۱۳). مطالعه موسسه GFZ (GFZ Potsdam) بیان می‌کند که سطح سفره‌های آب زیرزمینی ایران در طی ۱۵ سال اخیر سالانه به طور متوسط ۱/۵ فوت معادل نیم متر کاهش داشته است (۱۹).

سفره‌ها یا آبخوان‌های آبرفتی، یکی از منابع عمده و قابل توجه آب جهت مصارف کشاورزی، شرب و صنعت به حساب می‌آیند. وجود این سفره‌ها به‌عنوان ذخایر طبیعی همیشه توجه انسان را به برداشت از آنها معطوف داشته است. برداشت بی‌رویه از سفره‌های آب زیرزمینی که در بسیاری از آبخوان‌های کشور صورت گرفته، موجب شده است که سطح آب زیرزمینی هر ساله کاهش یافته و مشکلات مختلفی نظیر خشک شدن چاه‌ها و تخریب آنها را به همراه داشته باشد. بطورکلی آب‌های زیرزمینی کم عمق بیشتر و زودتر در معرض آلودگی قرار می‌گیرند.

در بررسی تغییرات کمیت و کیفیت آب تحقیقات متعددی صورت گرفته است که به تعدادی از آنها اشاره می‌شود. پاندا و همکاران (۱۷)، روند تغییرات سطح آب در ایالت اوریسای هند در ۱۰۰۲ چاه در طول سال‌های ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۳ را بررسی کردند. برای درک مکانیسم اثر خشکسالی در ترکیب با فشار استفاده بشر ابتدا با استفاده از روش آمار ناپارامتری من-کندال تغییرات سطح آب زیرزمینی در دوره موردنظر را به‌دست آوردند و سپس با استفاده از آزمون همگنی روند، تاثیر استفاده بشر و خشکسالی را بر سطح آب زیرزمینی بررسی نمودند و نتایج نشان داد که به علت کمبود بارندگی در سال‌های خشک، بالا بودن دما، فشار استفاده بشر و جبران نشدن آن در سال‌های مرطوب، سطح آب افت کرده است. فتاونی و همکاران (۵)، در مقاله‌ای به ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی دشت آبی تریفا در شمال شرق موروسکو پرداختند که روی کیفیت فیزیکی- شیمیایی و باکتریولوژی آب زیرزمینی دشت مذکور متمرکز شده بود. همبستگی بین بهره‌برداری از آن و وابستگی مکانی پارامترهای کیفی ثابت نمود که کیفیت آب در این نواحی بحرانی می‌باشد. جمشیدزاده و میرباقری (۷)، در ارزیابی کمیت و کیفیت آب زیرزمینی کاشان بر اساس داده‌های ۵۳ چاه مشاهداتی بیان داشتند که متوسط سطح تراز آب در طی سال‌های ۲۰۰۶-۱۹۹۰، ۷/۹۳ متر کاهش یافته است و متوسط کاهش سطح آب در سال ۰/۴۹۶ متر می‌باشد. برای مطالعه کیفیت آب زیرزمینی، عواملی نظیر EC، CL، T.D.S، TH و pH آنالیز شد و مقایسه نتایج با کیفیت استاندارد آب شرب توسط WHO (سازمان بهداشت جهانی) نشان داد که در اکثر نمونه‌ها آب قابل شرب نیست. دیانتی

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-05-01]

تیلکی و فلاح (۳) به بررسی روند تغییرات هدایت الکتریکی و سختی آب زیرزمینی در منطقه ساحلی ساری پرداختند، نتایج آنها بیانگر کاهش EC و سختی آب زیرزمینی از شمال به جنوب و پیشروی آب شور در منطقه مورد مطالعه بود، اما رحمانی (۱۸)، در بررسی روند تغییرات کیفی منابع آب زیرزمینی بخشی از حوزه آبخیز دریای خزر با استفاده از آزمون من- کندال به این نتیجه رسیدند که میزان عناصر کیفی در این منطقه رو به کاهش بوده است، یعنی کیفیت آب زیرزمینی منطقه رو به بهبود بوده است.

با توجه به مطالب بیان شده و با توجه به اهمیت آب زیرزمینی هم به‌عنوان منبعی برای آب شرب و هم برای کشاورزی، بررسی تغییرات کیفیت آب زیرزمینی در بخشی از حوزه آبخیز دریای خزر واقع در دشت آمل- بابل مدنظر قرار گرفت. علت انتخاب منطقه مذکور، واقع شدن آن در ساحل دریای خزر، بالا بودن سطح آب زیرزمینی در این منطقه و احتمال آلوده شدن آب‌های زیرزمینی توسط آب‌های آلوده سطحی و فاضلاب‌ها، می‌باشد. از آنجایی که آزمایش کامل املاح آب شامل آزمایش روی EC، CL، Hco3، k، Mg، Na، So4، T.D.S، TH و pH است (۲۳) تغییرات عوامل ذکر شده در بازه زمانی سال‌های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۶ بررسی شد و با استفاده از آزمون من- کندال که یکی از بهترین روش‌های آشکارسازی روند تغییرات داده‌ها است (۸)، روند تغییرات مشخص گردید.

مواد و روش‌ها

محدوده موردنظر بخشی از حوزه آبخیز دریای خزر می‌باشد که مساحتی بالغ بر ۱۴۰ هزار هکتار دارد و در مختصات ″۱۷ ′۱۰ °۵۲ تا ″۲ '۴۶ °۵۲ شرقی و ″۲۵ ′۴۴ °۳۶ تا ″۲۷ ′۲۱ °۳۶ شمالی در بین چهار شهر بابلسر، محمودآباد، بابل و آمل واقع شده است. ابتدا در بازه زمانی سال‌های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۶، ۲۸ چاه (شکل ۱) که دارای آمار کاملی از لحاظ متغیرهای EC، Cl، Hco3، k، Mg، Na، So4، T.D.S، TH و pH و متغیر سطح آب زیرزمینی بوده‌اند، انتخاب شدند. این داده‌ها (که از داده‌های کمی ثبت شده از چاه‌های مشاهداتی و داده‌های کیفیت شامل عناصر شیمیایی، کاتیون‌ها و آنیون‌ها) از سازمان آب منطقه‌ای مازندران اخذ گردید و نقشه‌های مربوطه شامل نقشه‌های سطح آب زیرزمینی و نقشه‌های ایزو شیمیایی توسط نرم‌افزار Arc GIS برای سال‌های ۱۳۷۷ و ۱۳۸۶ با استفاده از میانگین سالانه داده‌های هر متغیر تهیه گردید. نمودار تغییرات هر کدام از متغیرها در دوره زمانی یاد شده به صورت سالانه در محیط EXCEL ترسیم شد و روند داده‌ها توسط آزمون من-کندال مشخص گردید. آزمون من کندال ابتدا توسط من (۱۹۴۵) ارائه و سپس توسط کندال (۱۹۷۵) بسط و توسعه یافت. این روش به طور متداول و گسترده در تحلیل روند سری‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی بکار گرفته می شود (۱۲). فرض صفر این آزمون بر تصادفی

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-05-01]

بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده‌ها می‌باشد. مراحل محاسبه آماره این آزمون به شرح زیر است:

در این روش داده‌ها به ترتیب زمان وقوع مرتب می شوند و هر داده با تمام داده‌های بعد از خود مقایسه می‌شوند. مراحل انجام این آزمون به ترتیب زیر است:

(۲)

$$S=\sum_{i=1}^{n-1}\sum_{j=i+1}^{n} \text{sign}(Xi - Xj)$$

$$\text{Sing}(\theta) = \begin{cases} 1 & \text{اگر } \theta > 0 \\ 0 & \text{اگر } \theta = 0 \\ -1 & \text{اگر } \theta < 0 \end{cases}$$

برای متغیرهای تصادفی مستقل و دارای توزیع یکنواخت و بدون گره (دو یا چندین داده با

(۶)

$$Z_S = \begin{cases} \dfrac{S-1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{اگر } S > 0 \\ 0 & \text{اگر } S = 0 \\ \dfrac{S+1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{اگر } S < 0 \end{cases}$$

بنابراین در یک آزمون دوطرفه برای تشخیص روند در سطح اعتماد α (سطح اعتماد ۹۵ درصد) فرض صفر رد خواهد شد اگر مقدار Zs بزرگتر یا مساوی Z جدول توزیع نرمال استاندارد باشد.

مقادیر عددی مساوی) میانگین و واریانس S بصورت زیر است:

$$E(S) = 0 \qquad (۳)$$

$$Var(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} = \sigma^2 \qquad (۴)$$

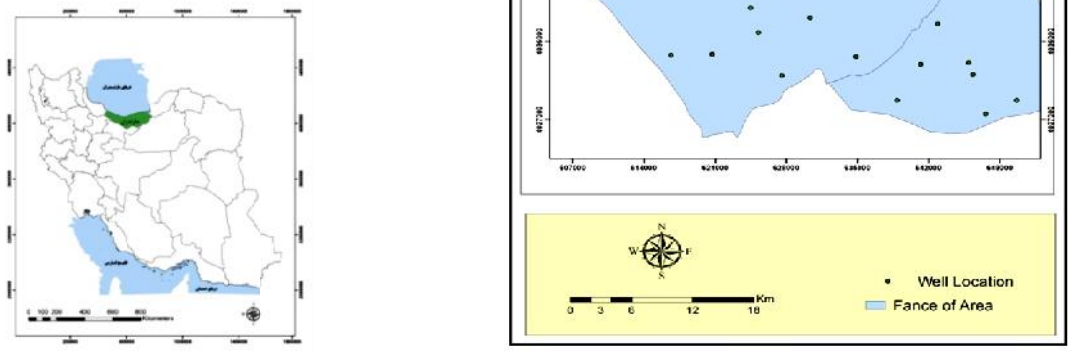
اگر در سری داده‌ها گره وجود داشته باشد، مقدار واریانس از رابطه زیر محاسبه خواهد شد:

(۵)

$$Var(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) + \sum_{i=1}^{n} ti\,(i)(i-1)(2i+5)}{18}$$

بطوریکه ti گره با ظرفیت i را نشان می‌دهد. برای مثال در یک سری داده فقط دو عدد با مقادیر مساوی وجود داشته باشد یک (t2 =1) گره با ظرفیت دو خواهیم داشت. اگر تعداد داده‌های یک سری بیش از ۱۰ عدد باشد S از توزیع نرمال تبعیت خواهد کرد و مقدار معیار آماری استاندارد (Z) بصورت زیر خواهد بود:

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-05-01]



شکل ۱- موقعیت محدوده مورد مطالعه در ایران و استان مازندران و موقعیت و پراکنش چاه‌های منتخب

نتایج و بحث

در این بخش ابتدا نقشه‌های آب زیرزمینی و پارامترهای کیفیت آب توضیح داده شده و سپس با استفاده از نمودارهایی که در محیط EXCEL تهیه گردید، تغییرات سالانه هر کدام از متغیرها مشخص و معنی‌داری آنها توسط آزمون من- کندال تعیین گردید و سپس نتایج مورد بحث قرار می‌گیرد.

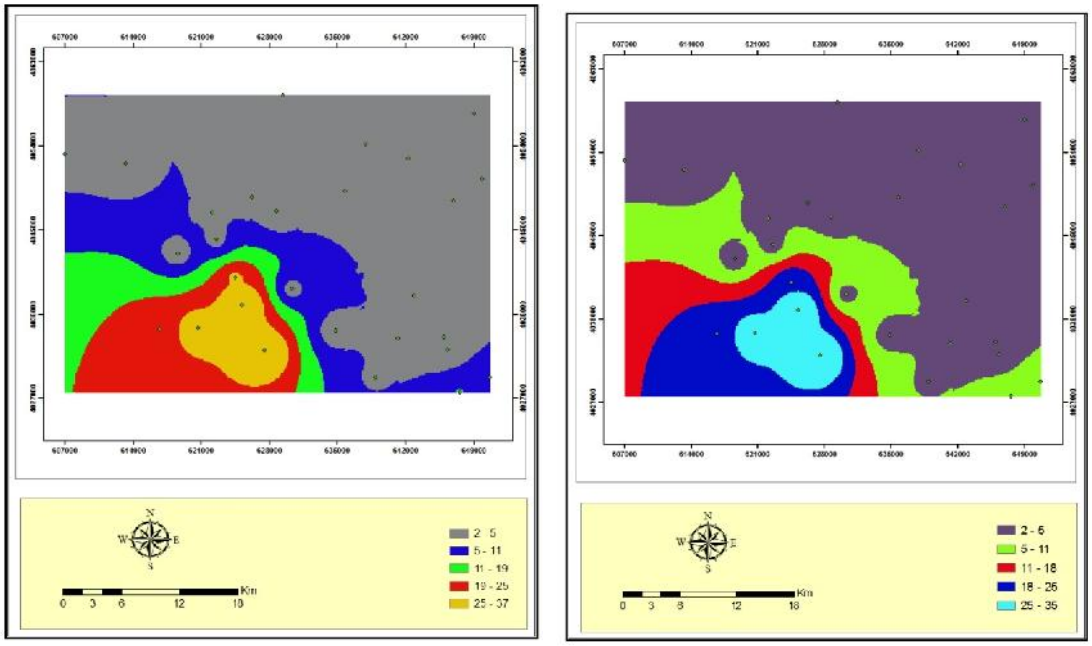
تغییرات کمی سطح آب زیرزمینی

با توجه به ارقام حاصله از داده‌های عمق سطح آب از پیزومترهای منطقه که به‌صورت میانگین سالانه بودند، این نقشه‌ها که بیانگر تغییرات عمق سطح آب در سال‌های ۱۳۷۷، ۱۳۸۱ و ۱۳۸۶ بوده اند، بدست آمدند (شکل ۲). در شروع دوره بررسی یعنی در سال ۱۳۷۷ بیشترین عمق سطح آب در قسمت بالادست دشت با عمق ۳۵ متر و کمترین عمق سطح آب در قسمت پایین دست دشت در ساحل دریای خزر با عمق ۲ متر است، بنابراین سطح آب زیرزمینی از تراز سطح آب زیرزمینی سطح دشت تبعیت می‌کند و مناطق ساحلی با کمترین رقم عمق سطح آب به صورت زهکش حوزه عمل می‌کنند (شکل ۲). تغییرات سطح آب زیرزمینی در فاصله سال‌های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۶ بیانگر دو دوره افزایش در عمق سطح آب زیرزمینی (۱۳۸۰-۱۳۸۳ و ۱۳۸۵ -۱۳۸۷) می‌باشد (شکل ۳).

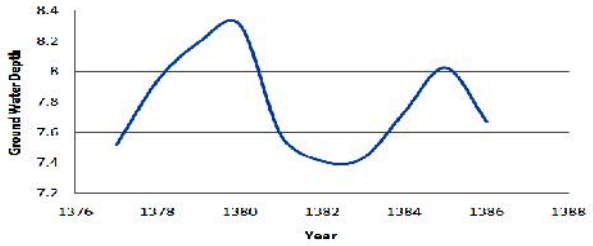
نقشه‌های هم مقدار عناصر شیمیایی منتخب

نتیجه بررسی وضعیت مهمترین فاکتورها و عناصر شیمیایی بین سال‌های ۱۳۷۷-۱۳۸۶ در جدول ۱ منعکس شده است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-05-01]



شکل ۲- عمق سطح آب زیرزمینی سال ۱۳۷۷(راست) و ۱۳۸۶ (چپ)



شکل ۳- تغییرات عمق سطح آب زیرزمینی (m)

تغییرات پارامترهای کیفیت آب زیرزمینی

تغییرات زمانی عوامل کیفی شامل EC، TH ،T.D.S ،So4 ،Na ،Mg ،k ،Hco3 ،CL و pH با استفاده از داده‌های میانگین سالانه هر عامل در طول دوره مورد مطالعه (سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۶) مورد بررسی قرار گرفت.

تغییرات یون‌های Mg، Na، k و Ca

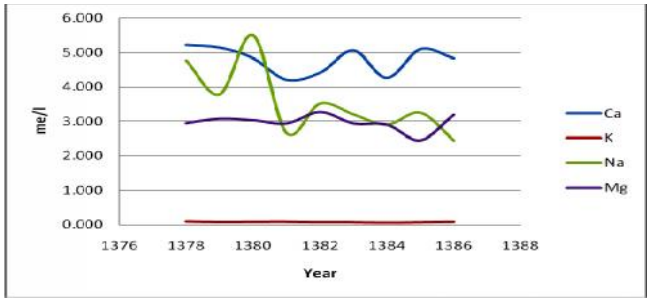
تغییرات یون‌های کلسیم و منیزیم تقریبا برابر بوده و افزایش و کاهش محسوسی در آن مشاهده نمی‌شود. یون سدیم دارای تغییرات منظمی نبوده و تنها در سال ۸۰-۷۹ افزایش یافته و سپس به صورت نزولی بوده و در پایان

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-05-01]

دوره به حداقل مقدار خود رسید و در کل حالت هم در کل دوره کم بوده است.
کاهشی داشته است (شکل ۴). تغییرات پتاسیم

جدول ۱- بررسی نقشه‌های هم مقدار فاکتورها و عناصر شیمیایی

ردیف	عامل	توضیحات
۱	نقشه‌های هم مقدار هدایت الکتریکی (Ec)	در نقشه سال ۱۳۷۷ تجمع شوری در سمت شمال شرق تا جنوب شرق بوده است. در حالی که نقشه سال ۱۳۸۶ بیانگر افزایش EC در سمت شمال غرب منطقه می باشد (شکل ۳).
۲	نقشه‌های هم مقدار کلر (CL)	نقشه‌های هم مقدار کلر ترسیم شده در سال های ۱۳۷۷ و ۱۳۸۶ بیانگر این موضوع است که در ابتدای دوره حداکثر میزان کلر در قسمت جنوب شرق و حداقل آن در قسمت وسیعی از شمال غرب، غرب و جنوب غرب، در حالی که نقشه هم مقدار کلر سال ۱۳۸۶ نشان می‌دهد که حداکثر کلر در قسمت شمال شرق منطقه واقع شده است و میزان CL در سمت شمال غرب منطقه نیز افزایش یافته است (شکل ۴).
۳	نقشه‌های هم مقدار بیکربنات ($Hco3$)	نقشه‌های هم مقدار بیکربنات ترسیم شده در طی سال‌های ۱۳۷۷ و ۱۳۸۶نشان داد که بیشترین مقدار بیکربنات در ابتدای دوره به غیر از جنوب شرق منطقه در بقیه قسمت‌ها گسترده شده و در نقشه‌های هم مقدار بیکربنات سال ۱۳۸۶ گسترش محدوده تحت اثر حداکثر این عامل افزایش یافته است (شکل ۵).
۴	نقشه‌های هم مقدار پتاسیم (k)	نقشه هم مقدار پتاسیم سال ۱۳۷۷ بیانگر حداکثر پتاسیم در قسمت شمال شرق و جنوب شرق و حداقل آن در شمال غرب تا جنوب غرب، در حالی که حداکثر میزان پتاسیم در سال ۱۳۸۶ از شمال شرق به سمت مرکز و جنوب و حداقل آن تنها در قسمت کوچکی از جنوب غرب تا جنوب قرار گرفته است (شکل ۶).
۵	نقشه‌های هم مقدار منیزم (Mg)	بیشترین مقدار منیزیم در ابتدای دوره در سال ۱۳۷۷ در شمال شرق منطقه و کمترین مقدار آن در قسمت مرکز، جنوب و جنوب شرق منطقه واقع شده است در طی سال‌های بعد حداکثر میزان منیزیم به سمت شمال شرق، مرکز، جنوب و شمال غرب گسترش یافت (شکل ۷).
۶	نقشه‌های هم مقدار سدیم (Na)	در ابتدای دوره بیشترین مقدار سدیم در شمال شرق تا جنوب شرق و کمترین مقدار آن در شمال غرب تا جنوب غرب منطقه قرار گرفته است و در پایان دوره در سال ۱۳۸۶ حداکثر مقدار این عامل علاوه بر شمال شرق و جنوب شرق اندکی نیز در شمال غرب منطقه و همچنان حداقل مقدار سدیم در شمال، مرکز و جنوب و جنوب غرب واقع شد (شکل ۸).
۷	نقشه‌های هم مقدار سولفات ($So4$)	در ابتدا مناطقی که دارای حداکثر سولفات بوده‌اند در قسمت شمال شرق تا جنوب منطقه و کمترین مقدار سولفات در قسمت‌های شمال غرب، جنوب غرب و اندکی به سمت مرکز منطقه قرار داشته اند در حالی که در سال ۱۳۸۶ مناطق با حداکثر مقدار سولفات به صورت دوایر متحدالمرکزی درآمده و اندکی به سمت مرکز منطقه کشیده شدند (شکل ۹).
۸	نقشه‌های هم مقدار باقی مانده ماده خشک ($T.D.S$)	نقشه‌های ترسیم شده هم مقدار باقی مانده خشک در سال ۱۳۷۷ بیانگر حداکثر حضور باقی مانده و ماده خشک در سمت شمال شرق و جنوب شرق و حداقل مقدار آن در شمال غرب تا جنوب غرب منطقه می‌باشد، حداکثر میزان باقی ماده خشک در سال ۱۳۸۶ از شمال شرق اندکی به سمت مرکز کشیده شده و گسترش مناطق تحت اثر حداکثر میزان TDS قابل رویت است و حداقل این میزان در این سال در شمال، غرب و جنوب واقع شده است (شکل ۱۰).
۹	نقشه‌های هم مقدار سختی کل آب (TH)	نقشه‌های ترسیم شده سختی کل آب در سال ۱۳۷۷ بیانگر حداکثر سختی کل در شمال شرق به سمت مرکز و جنوب غرب منطقه می‌باشد و در انتهای دوره مناطق با حداکثر این عامل به سمت مرکز و جنوب منطقه کشیده شد. حداقل میزان این عامل در سمت جنوب غرب منطقه در سال ۱۳۸۶ واقع شده است (شکل ۱۱).

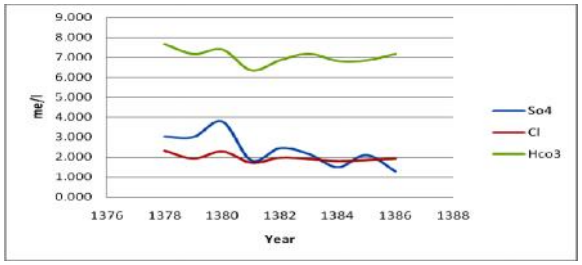


شکل ۴- تغییرات Ca ،k ،Na ،Mg

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-05-01]

تغییرات یون‌های Cl^-، HCO^{3-} و So^{4-}

این متغیرها در طی دوره آماری منتخب، تغییر محسوسی نداشته‌اند، So^{4-} بین ۱/۳ تا ۳، Cl^- بین ۱/۹ تا ۲/۳ و HCO^{3-} بین ۷/۲ تا ۷/۷ میلی‌اکی والان بر لیتر بوده‌اند (شکل ۵).



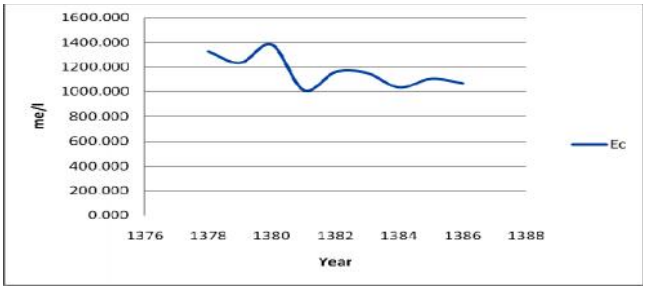
شکل ۵- تغییرات Cl و HCO3 و So4

تغییرات هدایت الکتریکی (EC)

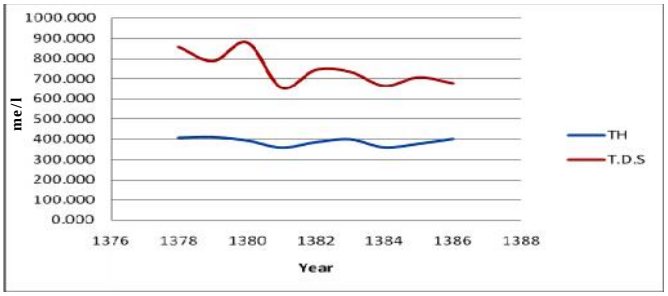
حداکثر میزان EC در سال ۸۰-۷۹ بوده و از این سال به بعد با گذشت زمان کاهش می‌یابد (شکل ۶).

تغییرات سختی کل (TH)

کاهش شدیدی از ابتدای دوره تا سال ۸۱-۸۰ و سپس افزایش شدید تا سال ۸۳-۸۲ و بعد از آن کاهش شدید در سال ۸۴-۸۳ و سپس در سال‌های بعد افزایش در میزان سختی کل دیده شد به طور کلی TH دارای تغییرات ناگهانی و در عین حال کاهشی در طول دوره مورد مطالعه بوده است (شکل ۷).



شکل ۶- تغییرات هدایت الکتریکی ()



شکل ۷- تغییرات TH و T.D.S

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-05-01]

تغییرات مجموع باقی مانده خشک (T.D.S)

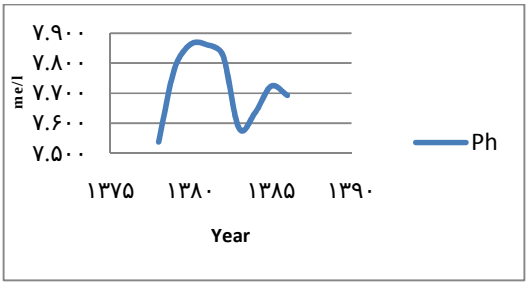
حداکثر میزان این متغیر در سال ۸۰-۷۹ بوده و از این سال به بعد تغییرات به صورت کاهشی بوده است (شکل ۷).

تغییرات pH

تغییرات نامنظم به صورت کاهش و افزایش در مقدار این متغیر در طی دوره مورد مطالعه مشاهده شد (شکل ۸).

نتایج آزمون من-کندال

در این بررسی به دلیل نقص زیاد در آمار عمق سطح آب زیرزمینی یکی از چاه‌ها، از آمار ۲۷ چاه برای بررسی عمق سطح آب و آمار ۲۸ چاه برای بررسی روند متغیرهای کیفی استفاده شد، در دوره آماری ۱۳۸۶-۱۳۷۷ برای کلیه چاه‌ها آماره من کندال محاسبه گردید، سپس معنی‌داری این آماره در سطح ۹۵٪ و ۹۹٪ مورد آزمون قرار گرفت. دربین چاه‌های منتخب از لحاظ عمق سطح آب زیرزمینی، ۱۲ چاه دارای روند معنی‌دار می‌باشند، ۳ چاه (۱۱/۱۱٪) در سطح ۹۵٪ و ۹ چاه در سطح ۹۹٪ (۳۳/۳۳٪) دارای روند معنی‌داری هستند.



شکل ۸- تغییرات هدایت الکتریکی (PH)

جدول ۲- نتایج آزمون من-کندال برای متغیرهای کیفیت آب زیرزمینی

ردیف	متغیر	معنی‌داری در سطح ۹۵٪	معنی‌داری در سطح ۹۹٪
۱	کلسیم و کلر	٪۷/۱۴	٪۷/۱۴
۲	پتاسیم	٪۳/۶	-
۳	سدیم	٪۲۵	٪۳/۶
۴	منیزیم	٪۷/۱۴	٪۳/۶
۵	SAR	٪۱۴/۳	٪۱۷/۶
۶	TH و Ec	٪۱۴/۳	٪۷/۱۴
۷	سولفات	٪۱۴/۳	٪۲۸/۶
۸	بی‌کربنات	-	٪۳/۶
۹	آنیون و T.D.S	٪۱۴/۳	٪۱۴/۳
۱۰	کاتیون	٪۱۷/۹	٪۷/۲
۱۱	اسیدیته	-	-

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-05-01]

نقشه‌های عمق سطح آب زیرزمینی در دشت آمل- بابل در کل دوره مورد مطالعه یعنی از سال ۱۳۸۶-۱۳۷۷ به طور کلی پایین افتادن سطح آب زیرزمینی را نشان می‌دهند. این نتیجه با نتایج کارهای پاندا و همکاران (۱۷) و جمشیدزاده و میرباقری (۷) همسو می‌باشد. نتایج آزمون من-کندال در مورد سطح آب، در چاه‌های که دارای روند بودند، نشان داد که در ۵ چاه روند مثبت بوده است یعنی در طول دوره مورد مطالعه افت عمق سطح آب در آنها روی داده و همچنین ۷ چاه دارای روند منفی بوده‌اند یعنی عمق سطح آب زیرزمینی در این چاه‌ها افزایش یافته است تمام چاه‌هایی که دارای روند منفی بوده‌اند در کلاس یک (حداقل عمق سطح آب) نقشه‌های سطح آب زیرزمینی قرار داشته‌اند.

مسیر طی شده آب برای تغذیه آبخوان هر اندازه بیشتر باشد و سرعت حرکت آب هر اندازه کندتر باشد، املاح بیشتری را در خود حل می‌کند و وارد منابع آب زیرزمینی می‌کند (۱۸). در دشت آمل- بابل، آب زیرزمینی در قسمت شمال شرق دارای املاح بیشتری است. علت بالا بودن املاح در شرق و جنوب شرق که مربوط به شهرستان بابل می‌باشد احتمالا بدلیل نبود شبکه جمع‌آوری، انتقال و سیستم دفع فاضلاب تا پایان دوره مورد مطالعه در این تحقیق یعنی سال ۱۳۸۶ بوده است و افزایش جمعیت نیز به این عامل دامن زد.

کمتر بودن املاح در شمال غرب یعنی در شهرستان محمودآباد نسبت به شمال شرق منطقه در شهرستان بابلسر که هر دو در قسمت انتهایی دشت و در کنار ساحل قرار گرفته اند، احتمالا به دلیل کمتر بودن جمعیت محمودآباد نسبت به بابلسر و همین طور نامناسب بودن سیستم دفع فاضلاب شهری و وارد شدن انواع آلودگی‌ها به آب‌های زیرزمینی بابلسر می‌باشد. و همانطور که در نقشه‌ها مشاهده شد با گذشت زمان و در سال آخر دوره وضعیت در شمال غرب منطقه نیز تقریبا مشابه شمال شرق منطقه شد.

نتایج حاصل از آزمون من-کندال در بخش کیفی نشان داد که عامل اسیدیته هیچ گونه روندی ندارد و میزان آن بین ۸-۷ می‌باشد دلیل آن را به عوامل زمین شناسی منطقه می‌توان نسبت داد. رحمانی و همکاران (۱۸) نیز در مطالعه خود به نتیجه مشابه اشاره داشته‌اند. نکته قابل توجه در مورد روند هر کدام از عوامل کیفی این است که، تقریباً ۹۰٪ عواملی که دارای روند بودند، روند منفی نشان دادند، این موضوع بیانگر بهبود وضعیت کیفیت آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه است. این نتیجه با نتایج کار رحمانی و همکاران (۱۸) و یوون شنگ و همکاران (۲۴) منطبق است.

حداقل میزان عمق آب زیرزمینی در این دوره کاهش نیافته ولی مناطق با حداکثر غلظت املاح، که در قسمت‌های با حداقل عمق آب زیرزمینی قرار داشته‌اند، گسترش یافته‌اند برای جلوگیری از این پیشرفت باید اقدامات مقتضی انجام گیرد.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-05-01]

منابع

1. Bouza-Deano, R., M. Ternero-Rodriguez and A.J. Fernandez-Spinosa. 2008. Trend study and assessment of surface water quality in the Ebro River (Spain), Journal of Hydrology, 361: 227-239
2. Chang, H. 2008. Spatial analysis of water quality trends in the Han Riverbasin, South Korea, Water Research, 42: 3285-3304.
3. Dianati Tilaki, R. and F. Falah. 2009. Trend analysis of groundwater EC and Hardness in coastal region of Sari, Mazandaran Province, 12th Conference of Environmental Health in Iran, 14 pp.
4. Ettazarini, S. 2006. Maping of Ground Water quality in the Turonian aquifer of Oum Er-Rabia Basin, Morocco: a case study, Journal Environmental Geology, 50(6) :919-929.
5. Fetouani, M., M. Sbaa, M. Vanclooster and B. Bendra. 2008. Assessing ground water quality in the irrigated plainof Triffa (north-east Morocco), Agricultral Water Management, 95: 133-140.
6. Jafarzadeh Haghighi Fard, N., A.H. Hasani, A. Zeinaldini Maimand and A. Hasibi. 2005. Evaluation of groundwater overexploitation on water quality in Anar, Kerman usin WQI, Environmental Science and technology, 24: 77-86. (In Persian)
7. Jamshidzadeh, Z. and S.A. Mirbagheri. 2011. Evaluation of groundwater quantity and quality in the Kashan Basin, Central Iran, Desalination, 270(2011): 23-30.
8. Hedjam, S., Y. Khoshkhou and R. Shamsaldin Vandi. 2008. Annual and Seasonal Precipitation Trend Analysis of Some Selective Meteorological Stations In Central Region of Iran using non-Parametric Methods, Geographic Research, 64: 157-168. (In Persian)
9. Kendall, M.G. 1975. Rank Correlation Methods. Griffin, London, UK, 196 pp.
10. Kordovani, P. 1996. Water Resources and Issues in Iran, 2nd Vol., Tehran Universirty Press, 273 pp.
11. Khalilpour, A. 2002. Trend analysis of groundwater quality and quantity in Qum and its effect on desertification, M.Sc. Thesis, Tehran University, 150 pp.
12. Lettenmaier, D.P., E.F.Wood and J.R.Wallis. 1994. Hydro-climatological trends in thecontinental United States, 1948-88. Journal Climate, 7 (4): 586-607.
13. Mahdavi, M. 1995. Water management and artificial recharge in Djahrom city, Environment, 17: 16-23. (In Persian)
14. Mahdavi, M. 2002. Applied Hydrology, 1st vol., Tehran University Press, 364 pp.
15. Mann, H.B. 1945. Nonparametric tests against trend, Econometrica. 13: 245-259.
16. Mohamadi fatideh, M. 2002. Introduction to groundwater resources of Foumenat plain and its quality, Journal of Agricultural sciences of Iran, 1(24): 77-90. (In Persian)
17. Panda, D.K., A. Mishra, S.K. Jena, B.K. James and A. Kumar. 2007. The influence of drought and anthropogenic effects on ground water in Orissa, India. Journal of Hydrology, 343: 140-153.
18. Rahmani, A. 2010. Trend analysis of groundwater quality in Qaemshahr-Djouybar plain, Mazandaran Province, M.Sc. Thesis, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, 120 pp.
19. Ravilious, K. http://news.nationalgeographic.com/news/2008/09/080922-iran-groundwater.html

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-05-01]

20. Siadati, S.B. and Zh. Ansari. 2000. Effect of drought on groundwater quality in Arak, 2nd conference of strategies to combat with water scarcity and drought, Kerman, 736-742 pp. (In Persian)
21. Shamsaei, A. 1998. Hydraulics of Flow in Porous Media, 2nd Vol.: Groundwater Engineering, Tehran polytechnic Press, 302 pp.
22. Sheikh,V., Y. Mooshakhian and M. Nasiri. 2009. Comparing the trend of discharge variables in Atrak river basin, the Fifth National Conference on Science and Watershed Engineering (Sustainable management of natural disasters).
23. Velayati, S. 2010. Watershed management, Payam Nour University Press, 4th Ed., 187-189 pp.
24. Yun-Sheng, Yu., S. Zou and D. Whittemore. 1993. Non-Parametric trend analysis of water quality data of river in Kansas, Journal of Hydrology, 150: 61-80.
25. Zehtabian, Gh., A. Rafiei Emam, K. Alavi Panah and M. Jafari. 2003. Analysis of groundwater resources in Varamin plain to use for irrigation, Geographic Research, 38: 99-102. (In Persian)
26. Zehtabian, Gh., A. Khalilpour and M. Jafari. 2002. Aquifer deterioration due to overexploitation in Qanavat Qum plain, Desert, 7: 99-119. (In Persian)

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-05-01]

Investigation on Trend of Groundwater Quantity-Quality Variation in Amol-Babol Plain

Atikeh Afzali[1] and Kaka Shahedi[2]

1- Ph.D. Student, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
(Corresponding author: afzali_atikeh@yahoo.com)
2- Assistant Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
Received: April 4, 2012 Accepted: December 4, 2013

Abstract

Area of land under irrigation has increased in the last decade due to the increasing population, need plenty of food and lack of surface water resources, this policy has changed soil and water uses. Rainwater enters soil through tracks and pores in soil surface and as hit to impervious layer make groundwater table. In previous years drought caused severe decrease in surface water resources and increasing use of groundwater which resulted in water table drawdown and decline of groundwater quality. Considering these points, and groundwater importance and role, groundwater quantity variation during 1998, 2002 and 2007 and qualitative factors changes include EC, Cl, Hco_3, K, Mg, Na, So_4, TDS, TH, pH and at the beginning and end of the period were studied in a part of Babol-Amol plain located in Caspian Sea Basin with GIS techniques and changes in each of the qualitative factors were determined with using Mann-Kendall exam. For groundwater quality data of 10 parameters including. The results show that water table drawdown is not considerable and there is relative improvement in water quality.

Keywords: Groundwater, Quantity-quality variation, Man-Kendall, Amol-Babol plain

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-05-01]