

شناخت منابع آب‌های زیرزمینی دشت فومنات و مطالعه تغییرات کیفی آن‌ها

محمد محمدی فتیده

دانشیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه گیلان

تاریخ پذیرش مقاله ۸۱/۸/۸

خلاصه

به منظور شناخت منابع آب‌های زیرزمینی دشت فومنات و مطالعه تغییرات کیفی آن‌ها، مطالعاتی بر روی منابع آب‌های زیرزمینی این منطقه انجام گرفت. بدین منظور پس از جمع‌آوری و بررسی اطلاعات اولیه و داده‌های اقلیمی، مطالعات صحرایی انجام شد. نخست زمین‌شناختی کواترنر منطقه مورد مطالعه قرار گرفت. سپس عوامل مؤثر بر بیلان آب ارزیابی گردید. با استفاده از عکس‌های هوایی و نقشه‌های توپوگرافی در مقیاس $\frac{1}{50000}$ ، نقشه فهرست منابع آبی منطقه تهیه شد. پس از به دست آوردن ارتفاع سطوح پیزومتریک از سطح دریا نقشه‌های پیزومتریک و هم عمق برخورد به سطح آب زیرزمینی تهیه و نوسانات سالیانه آبخوان‌ها ارزیابی گردید. با استفاده از نتایج آزمایش پمپاژ، ویژگی‌های هیدرولیکی آبخوان‌ها شامل ضریب قابلیت انتقال آب (T) و ضریب ذخیره (S) با استفاده از روش‌های تیس^۱ و جاکوب^۲ محاسبه شد. هم‌چنین با استفاده از نتایج آزمایش‌های پمپاژ پله‌ای، ضرایب افت خطی (B) و غیرخطی (C) تعدادی از چاه‌های عمیق منطقه محاسبه و معادلات این چاه‌ها تعیین گردید. پس از آشنایی با آبخوان‌ها و تعیین خطوط اصلی جریان آب‌های زیر زمینی، هیدروشیمی آبخوان‌ها و تغییرات کیفی آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی شامل کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، کلر، سولفات، کربنات، بی‌کربنات، فسفر، نیتروژن آمونیاکی، نیتروژن نیتريت، نیتروژن نترات، آهن، بعضی از فلزات سنگین و سمی نظیر سرب، کادمیوم و جیوه، هم‌چنین pH، EC، BOD، COD و TDS اندازه‌گیری شد. مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی نشان می‌دهد که منطقه مورد بررسی یکی از بهترین مناطق در جلگه گیلان از نظر ذخایر آب‌های زیرزمینی است و آبخوان‌ها شامل یک آبخوان آزاد با دبی ضعیف و تعداد زیادی آبخوان‌های تحت فشار معمولی و تحت فشار جهنده (آرتزین) بوده و از دبی قابل ملاحظه‌ای برخوردار هستند. هم‌چنین مطالعات هیدروشیمی نشان می‌دهد که منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی منطقه در اغلب موارد از کیفیت خوبی جهت مصارف شرب، آبیاری و صنعتی برخوردار است. نتایج حاصله حاکی از افزایش تدریجی هدایت الکتریکی، سدیم و کلر در مسیر جریان زیرزمینی بوده و برای سایر اندازه‌گیری‌ها تغییرات از روند مشخصی پیروی نمی‌کند. غلظت آهن در آبخوان‌های جنوبی (به ویژه منطقه فومن) نسبتاً قابل ملاحظه بوده ولی در آب آبخوان‌های سایر نقاط آهن وجود ندارد. مشکل آلودگی نترات در آبخوان‌ها مشاهده نگردید. یون‌های سرب، کادمیوم و جیوه نیز در آبخوان‌ها وجود نداشته و مقادیر BOD و COD نشان دهنده سالم بودن آب‌ها است.

1. Theis

2. Jacob

واژه‌های کلیدی: آبخوان، آزمایش پمپاژ، فرمول‌های تیس و جاکوب، نقشه‌های پیزومتریک، تغییرات

کیفی آبخوان‌ها

مقدمه

به علت وضعیت جدیدی که در زمینه تامین نیازهای آبی در استان گیلان و استفاده از منابع آب‌های سطحی رخ داده است و با کمبودهای مهمی مواجه هستیم، لازم است منابع آب‌های زیرزمینی را با دقت بیشتری مورد مطالعه قرار داده و با شناخت آبخوان‌های منطقه، پتانسیل آب‌های زیرزمینی و کیفیت آن‌ها را برای استفاده در بخش‌های مختلف مصرف به ویژه کشاورزی مورد ارزیابی قراردهیم. با مطالعه کیفیت آب‌ها می‌توان روش تغذیه آبخوان‌ها و ترکیب معدنی آن‌ها را در داخل یک آبخوان مشخص کرد و قابلیت آب‌های زیرزمینی را برای مصارف کشاورزی، آشامیدنی و صنعت بررسی نمود. در داخل یک آبخوان مشخص پدیده‌های مختلف می‌توانند به طور نسبی و حتی به طور کامل ویژگی‌های آب‌ها را تغییر دهند. برای مثال افزایش غلظت کلی از بالا دست آبخوان به سمت پایین دست، کاهش نسبت $\frac{SO_4}{Cl}$ ، افزایش نسبت $\frac{Mg}{Ca}$ و یا تعویض علامت «شاخص عدم تعادل کالک-آلکان: I.d» را می‌توان نام برد (۹، ۱۵، ۱۸). بنابراین طبیعت و مقدار نمک‌های محلول در آب‌های زیرزمینی به نوع زمین‌هایی که این آب‌ها از داخل آن‌ها عبور می‌کنند بستگی دارد.

یکی از مسایل و مشکلات در زمینه منابع آب در استان گیلان انواع آلودگی‌ها است که کیفیت منابع آب‌های سطحی و زیر زمینی را به‌ویژه در مناطق مرکزی استان شدیداً مورد تهدید قرار داده است. برای مثال از تعداد ۲۰۰ کارخانه که طی سال‌های ۱۳۷۷، ۱۳۷۸ از پساب‌های آن‌ها در این استان نمونه برداری و مورد بررسی قرار گرفت، بیشتر آن‌ها فاقد سیستم تصفیه بوده و روزانه حدود ۵۰۰۰۰ متر مکعب پساب‌های صنعتی به آب‌های سطحی و زیر زمینی استان وارد می‌کنند (۱۲). طبق همین بررسی‌ها روزانه ۲۵۰۰۰۰ مترمکعب فاضلاب انسانی بدون هیچ‌گونه تصفیه وارد منابع آب‌های سطحی و زیر زمینی استان می‌شود. هم‌چنین روزانه ۲۵۰۰ تن زباله در مجاورت آب‌های سطحی و زیر زمینی تخلیه می‌شود. با توجه به روند افزایش تقاضا برای آب در بخش‌های کشاورزی، صنعتی

و شرب و وقوع خشکسالی‌ها، لازم است که در جهت پیش‌گیری خرابی کیفیت منابع آب راهکارهای اساسی اتخاذ نموده و به طور جدی وارد عمل شویم.

اولین بررسی‌های انجام شده در زمینه پتانسیل آب و خاک منطقه مورد مطالعه را شرکت فرانسوی سوگرا انجام داده است (۱۱). طی مطالعات مزبور سطوح زیر کشت برنج و محصولات دیگر، هم‌چنین سطوح دارای قابلیت توسعه و پتانسیل آب اعم از سطحی و زیرزمینی مورد شناسایی قرار گرفته است. تعداد ۱۰ حلقه چاه اکتشافی نیز در این ارتباط حفر شد که ۶ حلقه از آن‌ها در محدوده شهرهای فومن، شفت و صومعه‌سرا واقع شده‌اند. مطالعه ژئوفیزیک جلگه آبرفتی گیلان از رضوان شهر تا رودسر توسط مهندسین مشاور آب و خاک به کارفرمایی سازمان آب و برق شمال انجام گرفت که کل محدوده مورد نظر را نیز تحت پوشش قرار داده است (۶). مطالعات طرح تهیه مدل ریاضی آبخوان‌های حوزه غربی دریای خزر توسط دانشگاه استراسبورگ فرانسه به کارفرمایی اداره کل آب‌های زیرزمینی انجام گرفت. این مطالعات دشت آبرفتی حوزه تالاب انزلی را نیز تحت پوشش داشته است (۷). هم‌چنین اولین نقشه‌های زمین‌شناختی که تمامی منطقه گیلان را در بر می‌گیرد نقشه زمین‌شناختی

شرکت ملی نفت ایران و نقشه‌های زمین‌شناختی و $\frac{1}{250000}$ تکتونیکی مربوط به اطلس‌های جمهوری آذربایجان شوروی سابق می‌باشد. مسلم است که با توجه به مقیاس این نقشه‌ها اطلاعات مندرج بر روی آن‌ها بسیار تقریبی است. سازمان زمین‌شناسی ایران براساس طرح تهیه نقشه‌های زمین‌شناختی در مقیاس $\frac{1}{250000}$ برای کل ایران که بر روی نقشه‌های توپوگرافی تهیه شده توسط سازمان نقشه‌برداری آمریکا و سازمان جغرافیایی کشور در همین مقیاس صورت می‌گیرد با اولویت دادن به شمال و غرب کشور برای مناطق بندر انزلی، قزوین و زنجان نقشه‌های زمین‌شناختی چاپ و منتشر کرده است. نقشه ماسوله به مقیاس $\frac{1}{100000}$ چاپ و منتشر شده است. با استفاده از مطالعات ژئوفیزیکی به‌ویژه کاروتاژ الکتریکی

حداکثر آبی که خاک منطقه مورد بررسی برای اشباع شدن نیاز دارد و تجزیه و تحلیل های لازم، تبخیر و تعرق پتانسیل (ETP)، تبخیر و تعرق واقعی (ETR) و در نتیجه کل رواناب (Q) محدوده مورد مطالعه را ارزیابی کرد. فرمول تورنت وایت به صورت زیر می‌باشد:

$$ETP = 16 \left(\frac{10T}{I} \right)^a F(\lambda)$$

تبخیر و تعرق پتانسیل مرحله مورد نظر برحسب میلی متر ETP :

درجه حرارت مرحله مورد نظر برحسب درجه سانتی گراد: T

I: شاخص حرارتی سال

$$I = \sum_{i=1}^{12} i$$

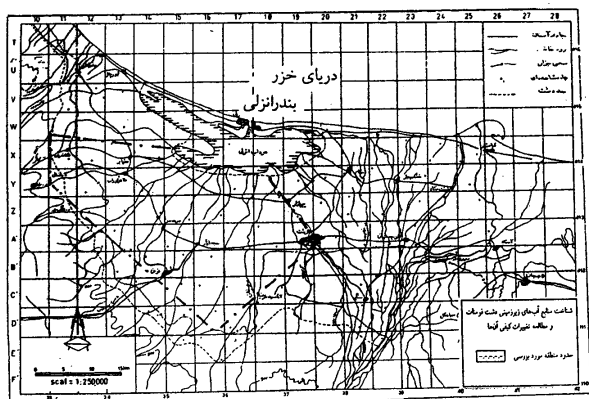
$$i: \left(\frac{T}{5} \right)^{1.514}$$

i: شاخص حرارتی ماه

$$a = 6.75 \times 10^{-7} I_3 - 7.171 \times 10^{-5} I_2 + 1.79 \times 10^{-2} I + 0.49$$

F(λ): ضریب اصلاحی

ضریب اصلاحی بستگی به عرض جغرافیایی دارد، و برای ماه‌های سال محاسبه و در جدول موجود است و مقدار آن برای ماه‌های مختلف سال از ۰/۸۳ تا ۱/۲۳ تغییر می‌کند.



شکل ۱- حدود تقریبی موقعیت منطقه مورد بررسی در نقشه

جلگه گیلان

پس از محاسبه پارامترهای مؤثر در بیلان آب، از معادله تعادل هیدرولوژیک که در حالت کلی بین ورودی‌ها (اخذها) و

و لوگ زمین شناختی چاه‌های محفوره، وضعیت رسوبات آبرفتی از نظر لیتولوژی و هیدرودینامیکی مورد بررسی قرار گرفته است (۱، ۶).

براساس حفاری‌های شرکت ملی نفت ایران که در مناطق مختلف استان‌های گیلان و مازندران انجام گرفته، کل ضخامت آبرفت‌های جلگه‌های شمالی کشور را در فرح آباد سابق ۱۳۶۰ متر، در بندرانزلی ۱۶۰۰ متر، در پهلوی دژ سابق واقع در ترکمن صحرا ۲۰۰۰ متر، در محمود آباد نزدیکی آمل ۱۲۰۰ متر و در بندر انزلی ۱۶۰۰ اعلام کرده‌اند. پژوهشگران شوروی سابق ضخامت آبرفت‌های فرورفتگی دریای خزر را تا ۷۰۰۰ متر تخمین می‌زنند (۲). چنانکه در آینده حفاری‌های دیگری در منطقه گیلان صورت گیرد می‌توان به اطلاعات منظم‌تر و جامع‌تری در خصوص ضخامت این آبرفت‌ها دسترسی پیدا کرده و با ترسیم نقشه هم ضخامت آبرفت‌های جلگه گیلان و منطقه مورد بررسی اطلاعات دقیق‌تری از نظر آب‌های زیرزمینی به دست آورد (مؤلف).

هدف از این مطالعه شناخت آبخوان‌های غرب گیلان به ویژه منطقه دشت فومنات و حوزه تالاب انزلی و مطالعه تغییرات کیفی آن‌ها به منظور استفاده از منابع آب‌های زیرزمینی در بخش کشاورزی و آلودگی احتمالی آن‌ها در اثر پساب‌های آلاینده می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این بررسی در دشت آبرفتی فومنات واقع در حوزه تالاب انزلی صورت گرفت. منطقه مورد نظر محدود است از شمال به تالاب انزلی و دریای خزر، از جنوب و جنوب غربی به ارتفاعات البرز و از شرق به شهرستان رشت (شکل ۱). مطالعات با جمع آوری داده‌های خام دراز مدت کلیماتولوژیک ایستگاه‌های رشت، کسما، شاندرمن، قلعه رودخان و انزلی و تبدیل آن‌ها به داده‌های سنتتیک و قابل استفاده از نظر هیدرولوژی آغاز گردید. درجه حرارت‌ها، بارش‌های جوی و ویژگی‌های مهم دیگر اقلیمی مورد مطالعه قرار گرفت.

برای ارزیابی پارامترهای مؤثر در منابع آب منطقه از روش تورنت وایت و سرا استفاده به عمل آمد. در این روش فقط با داشتن بارش‌ها (P) و درجه حرارت‌ها (T)، می‌توان با توجه به

تفسیر قرار گرفت و با استفاده از فرمول‌های تیس و جاکوب پارامترهای هیدرولیکی آبخوان‌های ضریب قابلیت انتقال آب

Coefficient of (T) Transmissibility و ضریب ذخیره

Storage (S) به صورت زیر محاسبه شد (۱۶، ۱۷، ۱۹):

فرمول تیس:

$$s = \frac{Q}{4\pi T} \left[-0.5772 - Lnu + u - \frac{u^2}{2 \times 2!} + \frac{u^3}{2 \times 3!} - \frac{u^4}{2 \times 4!} + \dots \right] [1]$$

افت آب در چاه: اختلاف سطوح استاتیک و دینامیک

S:

دبی پمپاژ بر حسب متر مکعب بر ثانیه

Q:

ضریب قابلیت انتقال آب در آبخوان بر حسب متر مربع

بر ثانیه Ke یا KH

K: تراوایی آبخوان بر حسب متر بر ثانیه

H: ضخامت آبخوان آزاد بر حسب متر

e: ضخامت آبخوان تحت فشار بر حسب متر (۹)

مقدار داخل کرشه تابع مشخصه یا تابع چاه است که با

W(u) نمایش داده می‌شود. مقدار u تبدیلی است که برای ساده

کردن فرمول تیس [۱] به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$u = \frac{x^2 S}{4Tt} [2]$$

فاصله چاه بهره‌برداری تا چاه پیژومتر بر حسب متر

x:

S: ضریب ذخیره و یا ضریب دسترسی به آب

t: زمان پمپاژ بر حسب ثانیه

بنابراین به طور ساده فرمول تیس به صورت زیر نوشته

می‌شود:

$$s = \frac{Qw(u)}{4\pi T}, u = \frac{x^2 S}{4Tt} \rightarrow S = \frac{4Ttu}{x^2} [3] T = \frac{QW(u)}{4\pi s} [4]$$

خروجی‌ها (افت‌ها) به صورت زیر نوشته می‌شود استفاده شد (۳):

$$P + R = Q + ETR + (R + \Delta R)$$

P: بارش‌های جوی

R: منابع آبی موجود از دوره قبل شامل آب‌های زیرزمینی، رطوبت خاک، برف و ذخایر یخچالی

Q: رواناب کلی

ETR: تبخیر و تعرق واقعی

R + ΔR: آب‌های زیرزمینی، رطوبت خاک، برف و ذخایر یخچالی

برای یک مرحله طولانی می‌توان نوشت: $P = ETR + Q$ و

یا $p - Q = ETR$ و اگر کسر جریان را با D نشان دهیم

می‌توان نوشت: $D = P - Q = ETR$

نظر به اهمیت رودخانه‌های متعدد و پر آب موجود در منطقه چه از نظر تغذیه آبی آبخوان‌ها در فصول پاییز، زمستان و اوایل بهار و چه از نظر زهکشی آبخوان‌ها در ماه‌های آخر بهار و فصل تابستان و در نتیجه تاثیر متقابل کیفیت آب آبخوان‌ها و رودخانه‌ها بر یکدیگر، داده‌های طولانی مدت (۱۳۷۹ - ۱۳۵۰ در خصوص رودخانه سیاه درویشان و ۱۳۷۵ - ۱۳۵۰ برای سایر رودخانه‌ها) دبی‌های ماهیانه جمع‌آوری و به کمک آن‌ها میانگین کل تخلیه سالیانه رودخانه‌ها محاسبه شد. در جدول ۱ میانگین دبی سالیانه و ویژگی‌های مهم فیزیکی و هیدرولوژیکی این رودخانه‌ها خلاصه شده است:

نقشه فهرست منابع آبی منطقه شامل چاه‌های عمیق، نیمه عمیق، دهانه گشاد و چشمه‌ها تهیه گردید. با توجه به اندازه‌گیری‌های فصلی که از تعداد ۷۵ حلقه چاه‌های مشاهده‌ای و تعدادی چاه‌های کمکی دیگر به عمل آمده نقشه‌های پیژومتریک ترسیم گردیده و تجزیه و تحلیل‌های لازم به عمل آمد. برای تعدادی از چاه‌های منطقه نتایج آزمایش پمپاژ مورد

جدول ۱- ویژگی‌های مهم هیدرولوژیک رودخانه‌های دشت فومنات و حوزه تالاب انزلی

نام رودخانه	نام ایستگاه اندازه‌گیری	طول شاخه کیلومتر	مساحت حوزه کیلومتر مربع	محیط حوزه کیلومتر	ضریب گراولوس	حجم تخلیه سالیانه میلیون متر مکعب
مرغک	امامزاده شفیع	۳۰	۲۳۱	۷۴/۵	۱/۳۷	۱۴۹
خالکایی	طاسکو	۲۵	۲۲۰	۶۴	۱/۲۱	۱۴۸
پلنگ رود	اباتر	۳۲	۱۷۷/۴	۶۸/۷۵	۱/۴۵	—
ماسوله رودخان	کمدای	۲۲	۲۱۴	—	—	۱۴۵/۵

۱۲۸	۱/۳۹	۴۳	۷۵	۷/۸	پیرسرا	گشت رودخان
۱۱۳/۸۴	۱/۲۷	۴۵	۸۴	۲۰	نظرات + حیدرآلات	سیاه درویشان قلعه رودخان
۲۴۰	—	—	—	—	شالکه	سیاه مزگی
۱۳۳	۱/۳	۶۰	۱۶۷	۳۰	—	چوبر
—	۱/۲۷	۲۶	۳۳	۱۰	—	چنار رودخان

مترمکعب در ساعت و $\frac{S}{Q}$ ، افت ویژه بر حسب متر بر متر مکعب در ساعت است. در نمودارهای به دست آمده مقدار **B** عرض از مبدا و **C** با محاسبه ضریب زاویه خط حاصل، تعیین شده است.

هم چنین با نتایج به دست آمده از دو آزمایش پمپاژ پله‌ای با دبی‌های Q_1 و Q_2 و افت‌های s_1 و s_2 ، با استفاده از فرمول زیر نیز مقادیر **B** و **C** محاسبه گردید (۱۴):

$$C = \frac{s_2 Q_1 - s_1 Q_2}{Q_1 Q_2 (Q_2 - Q_1)} [10], B = \frac{s_1}{Q_1} - C Q_1 [11]$$

به منظور مطالعه تغییرات کیفی آب آبخوان‌ها در طول خط اصلی جریان زیرزمینی، در یک مسیر جنوبی - شمالی (از جنوب شهرستان فومن تا تالاب انزلی) نمونه برداری آب انجام شد. نمونه‌ها از ۶ ایستگاه با فاصله تقریبی ۵/۴ کیلومتر از یکدیگر و در هر ایستگاه از آبخوان (W_1 تا W_6) و از رودخانه سیاه درویشان (R_1 تا R_6) تهیه شدند. در این نمونه‌ها غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های آب شامل کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، کلسیم، کلر، سولفات، بی‌کربنات، فسفر، ازت آمونیاکی، ازت نیتريت و ازت نیترات، آهن، بعضی از فلزات سنگین و سمی نظیر سرب، کادمیوم، جیوه، هدایت الکتریکی **EC**، **pH**، **BOD**، **COD** و **TDS** اندازه‌گیری شد. دستگاه جذب اتمی در اندازه‌گیری سدیم، پتاسیم، روی، آهن، سرب، کادمیوم و جیوه، اسپکتروفتومتری در اندازه‌گیری فسفر، روش مور در اندازه‌گیری کلر، رزین‌ها در تعیین مقدار سولفات و کمپلکسومتری (۱۳) در اندازه‌گیری کلسیم و منیزیم به کار رفتند.

در هر یک از ایستگاه‌ها هر دفعه چهار نمونه و جمعا ۲۴ نمونه از آب چاه‌ها و رودخانه‌ها برداشت شد. در نمونه‌هایی که برای اندازه‌گیری یون‌های آهن، سرب، کادمیوم و جیوه اختصاص داشت مقدار ۴ سانتی‌مترمکعب اسید کلریدریک به هر لیتر از نمونه‌ها اضافه می‌گردید. ظروف نمونه برداری طوری با آب پر می‌شد که کوچک‌ترین حباب هوا در آن‌ها باقی نمی‌ماند. برای

به نظر جاکوب اگر زمان پمپاژ طولانی باشد می‌توان از سری

$$u - \frac{u^2}{2 \times 2!} + \frac{u^3}{2 \times 3!} - \frac{u^4}{2 \times 4!} + \dots \quad \text{فرمول [۱]}$$

صرفنظر کرد و آن را به صورت زیر نوشت:

$$s = \frac{0.183Q}{T} [-0.5772 - Lnu] [5]$$

پس از تبدیل لگاریتم نپین به لگاریتم اعشاری فرمول

جاکوب به صورت زیر به دست می‌آید (۹ و ۱۴)

$$s = \frac{0.183Q}{T} \text{Log} \frac{2.25Tt}{x^2 S} [6]$$

به راحتی می‌توان نشان داد که معادله جاکوب در یک

دستگاه مختصات نیمه لگاریتمی به صورت یک خط بوده و

مقادیر **T** و **S** به صورت زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$T = \frac{0.183Q}{C} [7] \quad S = \frac{2.25Tt_0}{x^2} [8]$$

که در آن **C** عبارت است از ضریب زاویه خط، و t_0 محل

تقاطع این خط با محور زمان می‌باشد.

فرمول تیس همه پارامترهای معادله جریان دایمی را در نظر

می‌گیرد. اگر پیژومتر در فاصله نسبتاً دور از چاه بهره‌برداری قرار

گرفته‌باشد دقت این روش بیشتر است. موقعی که زمان پمپاژ

طولانی و پیژومتر به چاه بهره‌برداری نزدیک باشد می‌توان از

روش جاکوب استفاده نمود. (۹)

در این تحقیق برای چاه‌های دارای پیژومتر و زمانی که

فاصله پیژومتر تا چاه بهره‌برداری زیاد بود از روش تیس استفاده

گردید ولی برای فواصل کم پیژومتر از چاه بهره‌برداری، از روش

جاکوب استفاده به عمل آمد.

با استفاده از داده‌های به دست آمده از تعدادی از آزمایش

پمپاژ پله‌ای ضرایب افت خطی (**B**) و غیر خطی (**C**)

محاسبه شده و معادله چاه‌های لوله‌گذاری تعیین گردید. برای

محاسبه ضرایب **B** و **C** از روش‌های زیر استفاده شد:

- روش ترسیم نمودار $\frac{S}{Q} = F(Q)$ [9] در یک دستگاه

مختصات کارتزین. در رابطه [۹]، **Q** دبی پمپاژ بر حسب

بادهای مهم منطقه مورد بررسی عبارتند از باد بسیار شدید

هر نمونه آب پس از تجزیه شیمیایی محاسبات زیر صورت گرفت:

TH: تیترویدرو تیتریک که به مجموع یونهای $Ca^{++} + Mg^{++}$ گفته می شود.

TAC: تیتروقلیایی سنجی کامل که به مجموع یونهای $HCO_3^- + CO_3^{--} + OH^-$ اطلاق می شود.

نسبت های

$$: I.d = \frac{Cl - (Na + k)}{Cl}, \frac{SO_4}{Cl}, \frac{Cl}{Na}, \frac{Na}{Mg}, \frac{Mg}{Ca}$$

شاخص عدم تعادل کلر - آلکانن ، غلظت کل و **SAR** . از نمودارهای شولر (۱۸) که برای تعیین قابلیت شرب آبها و خانواده های آب کاربرد دارند نیز استفاده به عمل آمد. هم چنین با توجه به مقادیر **SAR** و **EC** تجزیه و تحلیل های لازم در خصوص استفاده آبها برای مصارف کشاورزی و خطر قلیایی شدن اراضی انجام گردید.

نتایج و بحث

۱- اقلیم شناسی: برای کل گستره مورد نظر داده های اقلیمی ایستگاه های رشت، کسما، شاندرمن، قلعه رودخان و بندرانزلی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت محاسبات نشان می دهد که ۳۹ درصد بارندگی های سالیانه در پاییز، ۲۹ درصد در زمستان، ۱۲/۵ درصد، در بهار و ۱۹/۵ درصد در تابستان نازل می شود. با توجه به مقادیر به دست آمده از شاخص خشکی دومارتون و ضریب اقلیمی آمبرژه و با مراجعه به اقلیم نماهای این دو مولف (۴) اقلیم منطقه، اقلیم بسیار مرطوب تعیین شد. هم چنین به علت تاثیر جبهه مدیترانه ای و توده های بارانزای قطبی اروپایی و سیبری و مجاورت با دریای خزر و وجود ارتفاعات البرز که همچون دیواری آن را از فلات مرکزی ایران جدا کرده است در مقایسه با سایر مناطق از ریزش های جوی فراوان برخوردار بوده و جزء مناطق پر باران گیلان و کشور محسوب می شود. متوسط حسابی بارندگی این پنج ایستگاه ۱۳۹۰ میلی متر می باشد.

متوسط درجه حرارت ایستگاه های فوق الذکر $15/78^{\circ}C$ است. به طور کلی رژیم حرارتی در جلگه گیلان یکنواخت بوده و در ایستگاه های مختلف بخش جلگه ای استان دارای تفاوت معنی داری نیست.

است. مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل در ماه‌هایی از سال که $P < ETP$ است حدود ۳۰۰ میلی‌متر می‌باشد.

اگر بارش‌های جوی سالیانه را با P_y و تبخیر و تعرق پتانسیل سالیانه را با ETP_y نشان دهیم ارقام به دست آمده در جدول ۲ که از میانگین بیش از ۴۰ سال اندازه‌گیری به دست آمده است نشان می‌دهد که در منطقه مورد بررسی $ETP_y < P_y$ می‌باشد. این رابطه یکی از مشخصات بارز اقلیمی در کل قلمرو مورد بررسی است.

۳- چاه‌ها و چشمه‌ها: براساس نقشه فهرست منابع آب که در مقیاس $\frac{1}{50000}$ برای منطقه مورد بررسی تهیه شد، تعداد چاه‌های عمیق، نیمه عمیق و چشمه‌ها در جدول ۴ خلاصه گردید.

سرتوک یا سلتوک، باد دشتوا، باد وارشوا یا بارش باد، باد گرم یا گرمش و باد معروف منجیل. منشاء بادهای مزبور مورد مطالعه قرار گرفته است ولی به علت حجیم شدن مقاله فقط به یادآوری اسامی بادهای اکتفا شده است.

۲- ارزیابی پارامترهای مؤثر بر بیلان آب: برای ارزیابی پارامترهای مؤثر در بیلان آب جداول ۲ و ۳ براساس شیوه تورنت وایت و سرا (۳، ۱۰) برای ایستگاه رشت (۱۳۷۸-۱۳۳۷) تنظیم و محاسبات لازم به عمل آمد. طبق نتایج به دست آمده پارامترهای مؤثر در منابع آب منطقه به صورت زیر است.

بنابراین در شرایط اقلیمی منطقه مورد بررسی حدود نیمی از بارش‌های جوی به تبخیر و تعرق واقعی و نیمی دیگر به رواناب سطحی و هیپودرمیک تبدیل می‌گردد. هم چنین توان تبخیری منطقه مورد بررسی حدود ۷۰ درصد بارش‌های جوی

جدول ۲- محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل به روش تورنت وایت برای ایستگاه رشت (۱۳۷۸-۱۳۳۷).

پارامترها	ماه‌های سال											
	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
	دی	ب	ا	ف	ا	خ	ت	م	ش	م	آ	آ
T^0_c	۸/۱۱	۷/۳۹	۸/۸۹	۱۳/۷۵	۱۸/۱۲	۲۲/۰۱	۲۵/۸۹	۲۹/۴۹	۲۳/۷۱	۱۹/۴۵	۱۵/۱۷	۱۰/۵۲
i	۲/۰۴	۱/۸۱	۲/۳۹	۴/۶۰	۷/۰۱	۹/۴۲	۱۲/۰۶	۱۴/۶۹	۱۰/۵۵	۷/۷۹	۵/۳۸	۳/۰۶
ETP_1	۰/۵	۰/۵	۰/۷	۱/۴	۲/۳	۳/۳	۳/۴	۴/۵	۳/۸	۲/۶	۱/۷	۰/۹
$F(\lambda)$	۰/۸۶	۰/۸۴	۱/۰۳	۱/۱۰	۱/۲۲	۱/۲۳	۱/۲۵	۱/۱۷	۱/۰۳	۰/۹۷	۰/۸۵	۰/۸۳
ETP_2	۰/۴۳	۰/۴۲	۰/۷۲	۱/۵۴	۲/۸	۴/۰۵	۵/۳۷	۵/۲۶	۳/۹	۲/۵۲	۱/۴۴	۰/۷۴
ETP_3	۱۳/۳۳	۱۲/۱۸	۲۲/۳۲	۳۴/۸	۸۶/۸	۱۲۱/۵	۱۶۶/۴۷	۱۶۳/۰۶	۱۱۷	۷۸/۱۲	۴۳/۲	۲۲/۹۴

t درجه حرارت، i شاخص حرارت ماهیانه، ETP_1 تبخیر و تعرق پتانسیل اصلاح نشده، $F(\lambda)$ ضریب اصلاحی، ETP_2 تبخیر و تعرق پتانسیل اصلاح شده روزانه، ETP_3 تبخیر و تعرق پتانسیل اصلاح شده ماهیانه

جدول ۳- محاسبه تبخیر و تعرق واقعی و رواناب کل (Q) به روش تورنت وایت و سرا برای ایستگاه رشت (۱۳۷۸-۱۳۳۷)*.

پارامترها	ماه‌های سال											
	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
	دی	ب	ا	ف	ا	خ	ت	م	ش	م	آ	آ
P	۱۲۴/۳	۱۲۸/۸	۱۲۶/۱	۶۱/۹	۵۷/۸	۴۳/۹	۴۴/۶	۵۹/۷	۱۵۱/۴	۱۹۶	۱۶۶/۴	۱۴۲
ETP	۱۳/۳۳	۱۲/۱۸	۲۲/۳۲	۳۴/۸	۸۶/۸	۱۲۱/۵	۱۶۶/۴۷	۱۶۳/۰۶	۱۱	۷۸/۱۲	۴۳/۱۲	۲۲/۹۴
P-ETP	۱۱۷/۸۸	۱۱۶/۲۸	۱۱۹/۰۶	+۳۴/۴	+۲۷/۱	-۲۹	-۷۷/۶	-۱۲۱/۸۷	-۱۰۳/۳۶	+۱۰۳/۷۸	+۱۱۵/۶۲	+۱۱۰/۹۷
ذخیره	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۷۱	۰	۰	۰	۳۴/۴	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
اضافی	۱۱۰/۹۷	۱۱۵/۶۲	۱۰۳/۷۸	۲۷/۱	///	///	///	///	///	۵۲/۲۸	۱۲۳/۲۸	۱۱۹/۰۶
کمبود	///	///	///	///	///	۷۷/۶	۱۲۱/۷۸	۱۰۳/۳۶	///	///	///	۳۰۲/۸۳
ETR	۱۳/۳۳	۱۲/۱۸	۲۲/۳۲	۳۴/۸	۸۶/۸	۱۱۴/۹	۴۴/۶	۵۹/۷	۱۱۷	۷۸/۲	۴۳/۱۲	۲۲/۹۴
Q	۱۰۳/۹۲	۱۰۹/۷۷	۱۰۶/۷۷	۶۶/۹	۳۳/۴۶	۱۶/۷۳	۸/۳۶	۴/۱۸	۲	۲۶/۱۴	۷۴/۷۱	۹۶/۸۸

P بارش‌های جوی، ETP تبخیر و تعرق پتانسیل، ETR تبخیر و تعرق واقعی، Q رواناب کل.

* ارقام برحسب میلی‌متر می‌باشد.

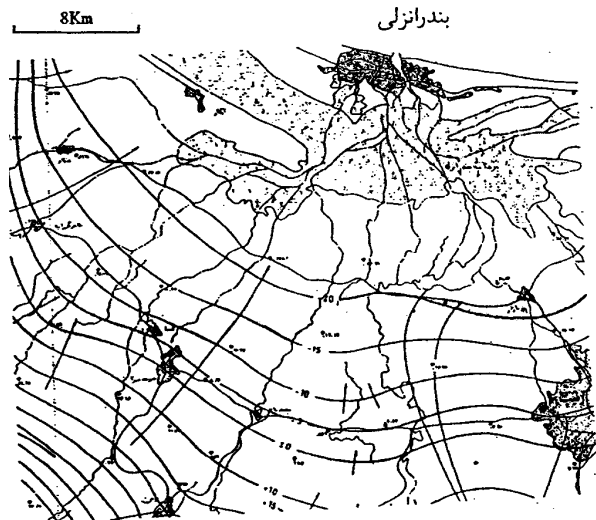
P = ۱۰۰٪ = میلی‌متر ۱۳۰۲ = بارش‌های جوی:

ETR: ۶۴۹ = میلی‌متر = تبخیر و تعرق واقعی

۴۹٪ میلی‌متر = ۶۴۹ رواناب کل : Q = ۶۷٪ میلی‌متر = ۸۸۱/۵۶ تبخیر و تعرق پتانسیل : ETP

ارتفاعات وجود دارند که به دلیل بعد مسافت و پوشش جنگلی مورد شناسایی قرار نگرفته‌اند.

۴- ترسیم نقشه پیزومتريک : به منظور تعیین شکل هندسی آبخوان‌ها، رژیم حرکت و ارتباط موجود بین مسیر حرکت آبخوان‌ها با عوامل طبیعی متعدد از قبیل هیدروسیستم‌ها، دیواره‌های تراوا و ناتراوا نقشه پیزومتريک منطقه مورد نظر برای موقعی از سال که ارتفاع سطح پیزومتريک سفره نسبت به سطح دریا حالت متوسط داشت ترسیم گردید. این نقشه در واقع مورفولوژی سطح همفشار آبخوان‌های منطقه را در دوره مورد نظر نشان می‌دهد (شکل ۲).



شکل ۲- نقشه پیزومتريک آبخوان‌ها

به طور کلی خطوط حرکت جریان زیرزمینی از ارتفاعات به طرف تالاب انزلی می‌باشد. در قسمت غربی دشت مورد بررسی از حوالی پونل تا شاندرمن، کسما، طاهر گوراب و اباتر جهت جریان از غرب به شرق و از اباتر به طرف صومعه سرا و جمعه بازار مسیر حرکت از جنوب غربی به شمال شرقی است. در امتداد دره پسیخان تا حوالی رشت نیز جهت حرکت آب زیرزمینی از جنوب به شمال است. فاصله بین منحنی‌های پیزومتريک (۵ متر) در ارتباط با نفوذپذیری آبخوان‌ها بوده و سطح پیزومتريک در ارتباط با شکل توپوگرافی سطح زمین می‌باشد.

یکی از نکات مهم در خصوص جهت کلی جریان زیرزمینی و سطحی در منطقه مورد بررسی این است که از غرب تا شرق

جدول ۴- تعداد چاه‌ها و چشمه‌های دشت فومنات و میزان

تخلیه سالیانه آنها			
نوع چاه	تعداد	میزان تخلیه سالیانه (میلیون مترمکعب)	
چاه عمیق غیر	۶۸۱	۲۳/۵۲۲	آرتزین
چاه عمیق آرتزین	۶۵۳	۳۶/۳۸۱	
چاه نیمه عمیق	۱۲۷۲	۱۹/۵۶۲	
تعداد چشمه‌ها	۴۴۹	۶۳/۱۹۸	

با این که ضخامت لایه‌های آبرفتی که دارای آب شیرین می‌باشند قابل ملاحظه است ولی به علت گستردگی لایه‌هایی که دارای بافت ریز دانه هستند، وجود لایه‌های رسی جدا کننده و کم ضخامت بودن لایه‌های دانه درشت حاوی آب شیرین بهره برداری از لایه‌های آبدار خیلی عمیق توجیه اقتصادی دربر ندارد. به همین دلیل متوسط عمق چاه‌های بهره‌برداری حدود ۳۰ متر است که مقدار آن به تفکیک چاه‌های عمیق، آرتزین و کم عمق به ترتیب ۴۹/۵ متر، ۵۷ متر و ۷/۵ متر می‌باشد. بیشترین عمق چاه‌های موجود در دشت مورد مطالعه ۲۲۷ متر است که به عنوان چاه اکتشافی حفر شده است.

چشمه‌سارهایی با آبدهی خوب و کیفیت مناسب در ارتفاعات حاشیه منطقه مورد بررسی دیده می‌شود که علت ظهور آن‌ها وجود سازندهای آهکی با گسترش نسبتا مناسب در ارتفاعات حاشیه دشت می‌باشد. از جمله این چشمه‌ها عبارتند از : چشمه لیسم و چشمه لاسک در حوزه رودخانه چوبر، چشمه شالما، گنزر و مرکیه در حوزه رودخانه خالکایی و چشمه سیاه مرد در حوزه رودخانه مرغک. بیشترین آبدهی در بین چشمه‌های منطقه مربوط به چشمه سیاه مرد و امام زاده عیسی می‌باشد که آبدهی هر یک از آن‌ها ۶۰ لیتر در ثانیه اندازه‌گیری شده است. این چشمه‌ها به لحاظ داشتن کیفیت خوب از نظر مصارف آشامیدنی، دبی نسبتا مناسب و بعد مسافت تا شهرهای منطقه مورد مطالعه می‌توانند گزینه‌هایی برای تامین آب شهرهای منطقه باشند. احتمالا چشمه‌های دیگر با آبدهی بیشتر در

مربع یعنی ۲۵/۴۷ درصد از کل سطح گستره مورد بررسی عمق برخورد به سطح آب کمتر از یک متر می‌باشد.

۶- محاسبه مقدار نوسانات سالیانه سطح آب

زیرزمینی: با تعیین سطح آب در چاه‌های مشاهده‌ای و ترسیم هیدروگراف متوسط منطقه مورد بررسی، دامنه تغییرات سالیانه سطح آبخوان‌ها بین ۰/۵ تا یک متر محاسبه شده است. حداقل سطح آبخوان‌ها در شهریور و گاهی مرداد و حداکثر آن در ماه‌های فصل زمستان تا اردیبهشت مشاهده شده است.

۷- تفسیر آزمایش‌های پمپاژ و تعیین پارامترهای

هیدرولیکی آبخوان‌ها: نتایج اندازه‌گیری به دست آمده از پمپاژهای رفت و برگشت و پمپاژهای پله‌ای تعدادی از چاه‌های منطقه با روش‌های تیس و جاکوب مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج به دست آمده در خصوص ضریب قابلیت انتقال آب (T)، ضریب ذخیره (S)، ضرایب افت خطی (B) و غیر خطی (C) در جدول ۵ خلاصه شده است.

هم‌چنین با استفاده از اطلاعات موجود و نتایج به دست آمده از آزمایش‌های پمپاژ، نقشه هم‌ضریب قابلیت انتقال آب ترسیم شد (شکل ۴). این نقشه توان آبدهی مناطق مختلف منطقه مورد بررسی را نشان می‌دهد. با بررسی داده‌های به دست آمده از چاه‌های اکتشافی، بهره برداری و تجربیات صحرائی، هم‌چنین با توجه به ارقام جدول فوق و نقشه هم‌ضریب قابلیت انتقال آب می‌توان گفت ضریب قابلیت انتقال بالای ۳۰۰ متر مربع در روز نمایانگر وضعیت مطلوب برای استحصال آب‌های زیرزمینی می‌باشد. بنابراین بخش‌میان‌ی مخروط افکنه رودخانه‌های چوبر - سیاه مزگی - قلعه رودخان - گشت رودخان خصوصاً ماسوله رودخان و بخش ابتدایی مخروط افکنه مرغک و خالکایی دارای ظرفیت قابل ملاحظه جهت استحصال آب زیرزمینی است.

۸- مطالعه تغییرات کیفی آبخوان‌ها: با توجه به اهمیت

مطالعه هیدروشیمی در آب‌های زیرزمینی نتایج اندازه‌گیری‌های سال‌های گذشته و سال ۱۳۷۹ که نمونه‌برداری آن‌ها طبق نقشه

فهرست منابع آب به عمل آمده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. در جدول ۶ نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌هایی که در تاریخ ۱۳۷۹/۱۰/۱۰ از ایستگاه‌های مختلف تهیه شده بود خلاصه گردید. دبی رودخانه سیاه درویشان در تاریخ نمونه‌برداری

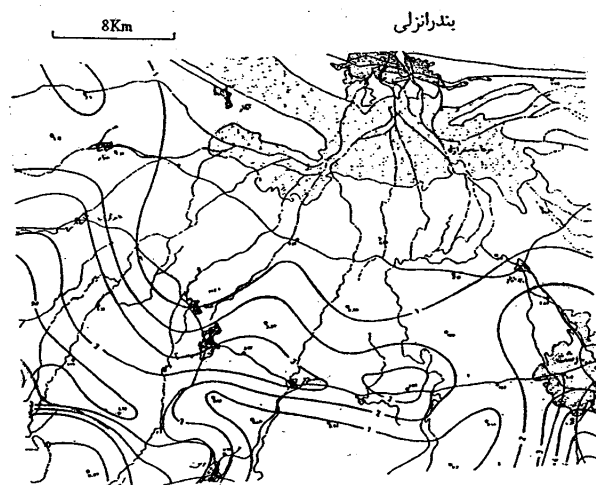
منطقه مورد بررسی، جهت حرکت آب رودخانه‌ها، کانال‌ها آبیاری و جهت حرکت آب زیرزمینی به صورت جریان رادیال یا جمع شونده بوده و کل این منابع آبی به تالاب انزلی ریخته می‌شوند. توجه به این امر از نظر مطالعات مربوط به آلاینده‌های محیط زیست و آلودگی تالاب‌انزلی بسیار مهم است. ارتفاع حداکثر مطلق منحنی‌های هم‌پتانسیل از ۹۰+ متر در بخش جنوبی تا حداقل ۱۵- متر در شمالی‌ترین نقطه منطقه متغیر است. هم‌چنین فاصله منحنی‌های پیژومتریک در نیمه شمالی منطقه بیشتر از فاصله این منحنی‌ها در بخش جنوبی است.

شیب آب زیرزمینی به تبعیت از شرایط هیدروژئولوژی، توپوگرافی دشت و جنس رسوبات در قسمت‌های مختلف دشت متفاوت است. متوسط مقدار شیب از دامنه تا حدود محور جاده رشت، جمعه بازار، صومعه سرا، طاهر گوراب، کیور چال که تقریباً منطبق با منحنی هم‌پتانسیل آب زیرزمینی با ارزش ۵- متر است بین ۰/۰۰۲۵ تا ۰/۰۰۷ بوده و از محور مزبور آب زیرزمینی با شیب ملایم‌تری به حرکت خود به طرف تالاب ادامه می‌دهد؛ به طوری که تا حدود ۰/۰۰۲۲ کاهش یافته و در منتهی علیه شمالی حتی به ۰/۰۰۱۵ می‌رسد. در محور دره ماسوله رودخان در ابتدای دشت شیب آب زیرزمینی حدود ۰/۱۱ و در قسمت شمال محور مزبور در حوالی قریه نرگستان مقدار آن به کمتر از ۰/۰۰۲ کاهش می‌یابد. به طور کلی متوسط مقدار آن در طول این محور ۰/۰۰۵۳ می‌باشد.

۵- ترسیم نقشه هم عمق آب زیرزمینی: با اندازه‌گیری

عمق آب در چاه‌های مشاهده‌ای و تعدادی از چاه‌های کمکی نقشه هم‌عمق برخورد به آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه ترسیم گردید (شکل ۳). بررسی این نقشه نشان می‌دهد که عمق برخورد به آب زیرزمینی در دشت تالاب انزلی دارای تغییراتی بین کمتر از یک متر تا حداکثر ۱۶ متر می‌باشد. درصد گسترش سطوحی که عمق برخورد به سطح آب زیرزمینی در آن بالای ۱۰ متر است بسیار کم بوده و مربوط به دامنه‌ها و ابتدای مخروط افکنه‌ها می‌باشد. از دامنه‌به طرف تالاب از عمق برخورد به سطح آب کاسته می‌شود به طوری که در حدود ۱۶/۶۷ درصد از سطح دشت مقدار آن کمتر از ۳ متر در ۵۱/۴ درصد از سطح دشت مقدار آن کمتر از ۲ متر و در سطحی معادل ۳۷۴/۳ کیلومتر

در ایستگاه‌های اندازه‌گیری (نظرات، حیدرآلات و پیرسرا) ۰/۰۳
۳ متر مکعب در ثانیه بود.



شکل ۳- نقشه هم عمق برخورد به آب زیرزمینی

جدول ۵- ضریب قابلیت انتقال آب (T)، ضریب ذخیره (S) و افت‌های خطی و غیر خطی آبخوان‌های دشت فومنات

ویژگی‌های هیدرو دینامیکی آبخوان‌های دشت فومنات و حوزه تالاب انزلی	$Tm^2/s, m^2/day$	ضریب قابلیت انتقال آب	ضریب ذخیره	B ضریب افت آبخوان	C ضریب افت جدار	Q* دبی عمق حفاری	عمق حفاری به متر
چاه صومعه سرا	$3/4 \times 10^{-1}$ (۳۰۰۰)	8×10^{-3}	$0/0885$	$0/000211$	۵۶	۱۶۰	
چاه شماره ۴ شاندرمن	$3/2 \times 10^{-2}$ (۲۸۵۰)	-	$0/02198$	$0/0000754$	۵۲/۲	۱۰۴	
چاه شماره ۳ لولمان	$1/7 \times 10^{-2}$ (۱۴۸۵)	-	$0/01323$	$0/00005015$	۵۱/۴۵	۹۰	
چاه وشمه سرا (ماسال)	10^{-2} (۹۰۰)	2×10^{-4}	-	-	۲۰	۲۰۰	
چاه شماره ۲ لولمان	9×10^{-3} (۷۵۰)	-	$0/0166$	$0/000145$	۵۴	۹۰	
چاه سنگ بیجار: ۲ کیلومتری شرق فومن	9×10^{-3} (۷۵۰)	-	-	-	۴۰	۱۰۰	
چاه خلیل سرا: ۵ کیلومتری غرب فومن	10^{-2} (۶۸۳)	-	$0/0114$	$0/00025$	۳۰	۶۰	
چاه شماره ۳ چاله سرا	$7/4 \times 10^{-3}$ (۶۴۰)	-	$0/103$	$-0/0001198$	۴۳/۶	۹۶	
چاه بازچه ملاسرا	5×10^{-3} (۴۳۰)	-	$0/112$	$0/00024$	۳۵	۶۳	
چاه شماره ۱ لولمان	4×10^{-3} (۳۵۰)	-	-	-	-	-	
چاه فومن	3×10^{-3} (۲۷۰)	$4/5 \times 10^{-3}$	-	-	۱۵	۱۹۰	
چاه شیر زبل: جاده فومن - ماسوله	$2/3 \times 10^{-3}$ (۲۰۰)	2×10^{-4}	-	-	-	۸۱	
چاه کفود: شاندرمن	2×10^{-3} (۱۶۰)	6×10^{-4}	-	-	۱۱	۶۶	
چاه گوراب پس	10^{-3} (۱۰۰)	2×10^{-4}	$0/132$	$0/00139$	۱۲/۵	۶۸	

* بر حسب لیتر بر ثانیه

جدول ۶- نتایج تجزیه شیمیایی آب چاه‌های عمیق آبخوان‌های دشت فومنات در مسیر کلی جریان زیرزمینی و در طول مسیر رودخانه سیاه درویشان.

شماره نمونه	Ca*	Mg*	TH*	Na*	K*	مجموع کاتیونها	Cl*	SO ₄ *	TAC*	مجموع آنیونها	TDS**	
شهرستان فومن												
W ₁	۲/۴	۱/۴	۳/۸	-/۴۳	-/۰۲۵	۴/۴۸	-/۸۹	-/۲۷	۳/۳	۴/۲۵۵	۹/۱۳۵	۲۸۳
W ₂	۲/۸	۲	۴/۸	-/۵۸	-/۰۱	۵/۳۹	-/۶۲	-/۵	۴/۲	۵/۳۲	۱۰/۷۱	۳۳۵
W ₃	۳/۴	۱	۴/۴	-/۷۲	-/۰۱	۵/۱۳	-/۷	-/۴۵	۳/۹	۵/۰۵	۱۰/۱۸	۳۲۰
W ₄	۳	-/۸	۳/۸	-/۸۲	-/۰۲۵	۴/۶۴۵	۱/۳	-/۲۱	۳	۴/۵۱	۹/۱۵۵	۲۶۴
W ₅	۳	۱/۴	۴/۴	-/۹۸	-/۰۵	۵/۴۳	-/۷	-/۲۴	۴/۵	۵/۴۴	۱۰/۵۷	۳۵۳
تالاب انزلی												
W ₆	۲/۸	۱/۲	۴	۱/۳۳	-/۰۵	۵/۲۸	۱/۰۷	-/۵	۳/۹	۵/۴۷	۱۰/۷۵	۳۳۵
شهرستان فومن												
R1	۲/۴	۱/۲	۳/۶	-/۸۷	-/۰۲۵	۴/۵	۱/۳	-/۴	۲/۷	۴/۴	۹/۹	۲۸۷
R2	۱/۸	-/۶	۲/۴	-/۳۱	-/۰۲۵	۲/۷۳۵	-/۵۳	-/۱۸	۱/۲	۲/۸۱	۹/۹۴۵	۱۸۳
R3	۱/۸	۱/۲	۳	-/۴۸	-/۰۲۵	۳/۵۰۵	۱/۳	-/۳۴	۱/۸	۳/۴۴	۶/۹۴۵	۲۱۷
R4	۱/۵	-/۸	۲/۳	-/۳۹	-/۰۲۵	۲/۷۱۵	-/۸	-/۱۶	۱/۸	۳/۲۶	۵/۴۵۵	۲۶۹
R5	۲	۱	۳	-/۹۸	-/۰۲۵	۴	-/۹	-/۳۲	۱/۲	۳/۲۲	۷/۲۲	۲۱۹
تالاب انزلی												
R6	۲/۴	-/۲	۲/۶	-/۴۶	-/۰۲۵	۳	-/۸۹	-/۴	۱/۹	۳/۱۹	۶/۱۹	۲۱۲

* میلی اکی والان در لیتر، ** میلی گرم در لیتر

(ادامه جدول ۶)- نتایج تجزیه شیمیایی آب چاه‌های عمیق آبخوان‌های دشت فومنات در مسیر کلی جریان زیرزمینی و در طول مسیر رودخانه سیاه درویشان.

شماره نمونه	EC×10 ³	pH	P-PO ₄ *	N-NH ₄ *	N-NO ₂ *	N-NO ₃ *	Fe*	Mg*	BOD**	COD**
شهرستان فومن										
W ₁	۴۹۹	۷/۷۱	-/۰۰۱۳	-/۰۱۴	.	-/۰۰۱۱	-/۰۱۴	۱/۴	۷	۱۴/۸
W ₂	۵۵۳	۷/۱۵	-/۰۰۲۲	-/۰۱۳	.	-/۰۰۱۳	-/۱۱	۲	۶/۹۳	۱۴/۵
W ₃	۵۰۸	۸/۰۸	-/۰۱۷	-/۰۱۴	-/۰۰۰۰۲	-/۰۰۰۸	.	۱	۶/۹۳	۱۵
W ₄	۴۱۹	۷/۹۷	-/۳۴	-/۰۱۹	.	-/۰۰۹۸	.	-/۸	۷	۱۴/۵
W ₅	۵۵۹	۷/۷۵	-/۰۱	-/۰۱۹	.	-/۰۰۱۳	.	۱/۴	۶/۹۵	۱۴/۳
تالاب انزلی										
W ₆	۵۲۲	۸/۰۳	-/۰۰۴	-/۰۳۴	.	-/۰۰۰۸	.	۱/۲	۳/۴	۵/۱۳
شهرستان فومن										
R1	۴۵۶	۷/۸۳	-/۰۰۳۲	-/۰۰۲۹	.	-/۰۰۱۹	-/۰۰۴	۱/۲	۹/۵۳	۲۰
R2	۲۹۱	۷/۸۶	-/۰۰۱۶	-/۰۰۷	.	-/۰۰۱۱	.	-/۶	۹/۵۹	۲۰
R3	۳۴۴	۷/۹	-/۰۰۲۲	-/۰۱۴	.	-/۰۰۳۲	-/۰۱۳	۱/۲	۷/۸۵	۱۶/۱
R4	۲۶۹	۷/۸۳	-/۰۰۲۲	-/۰۰۴	.	-/۰۰۳۲	.	-/۸	۹/۳	۱۶/۲
R5	۳۴۷	۷/۵۴	-/۰۰۱۶	-/۰۰۷۶	.	-/۰۰۳۱	-/۰۱۱	۱	۷/۴۳	۱۴/۵
تالاب انزلی										
R6	۳۳۶	۷/۶۵	-/۰۰۱۳	-/۰۱۱	.	-/۰۰۳۲	.	-/۲	۳/۴	۶/۸

* میلی اکی والان در لیتر، ** میلی گرم در لیتر

(ادامه جدول ۶)- نتایج تجزیه شیمیایی آب چاه‌های عمیق آبخوان‌های دشت فومنات در مسیر کلی جریان زیرزمینی و در طول مسیر رودخانه سیاه درویشان.

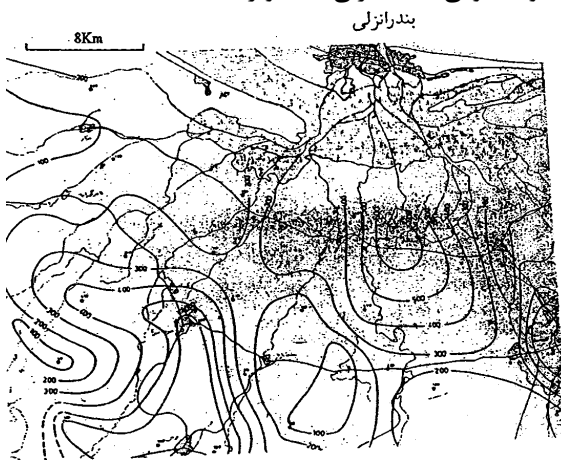
شماره نمونه	EC×10 ⁶	SAR	$\frac{Mg}{Ca}$	$\frac{Na}{Mg}$	$\frac{Cl}{Na}$	$\frac{SO_4}{Cl}$	$Id = \frac{Cl - (Na + K)}{Cl}$
شهرستان فومن							
W ₁	۴۹۹	-/۳۲۱	-/۵۸۳	-/۳۰۷	۲/۰۶۹	-/۳۰۳	-/۴۸۸
W ₂	۵۵۳	-/۳۷۴	-/۷۱۴	-/۲۹	۱/۰۶۸	-/۸۰۶	-/۴۸
W ₃	۵۰۸	-/۴۸۶	-/۲۹۴	-/۷۲	-/۹۷۲	-/۶۴۲	-/۴۲۸
W ₄	۴۱۹	-/۵۶۶	-/۲۶۶	۱	۱/۵۸۵	-/۱۶۱	-/۳۵
W ₅	۵۵۹	-/۶۶	-/۴۶۶	-/۷	۲/۳۱	-/۳۴۲	-/۴۷۱
تالاب انزلی							
W ₆	۵۲۲	-/۶۱۵	-/۴۲۸	۱	-/۸۶۹	-/۴۶۷	-/۱۹۶
شهرستان فومن							
R1	۴۵۶	-/۳	-/۵	-/۷۲۵	۱/۴۹۴	-/۳۰۷	-/۲۳۳
R2	۲۹۱	-/۲۵۸	-/۳۳۳	-/۵۱۶	۱/۷۹	-/۳۳۹	-/۳۶۷
R3	۳۴۴	-/۳۹۳	-/۶۶۶	-/۴	۲/۷۸	-/۲۶۱	-/۶۱۱
R4	۲۶۹	-/۳۶۳	-/۵۳۳	-/۴۸۷	۲/۰۵۱	-/۲	-/۴۸۱
R5	۳۴۷	-/۸	-/۵	-/۹۸	-/۹۱۸	-/۳۵۵	-/۱۱۶
تالاب انزلی							
R6	۳۳۶	-/۴۰۳	۲/۳	۲/۳	۱/۹۳۴	-/۴۴۹	-/۴۵۵

* میلی اکی والان در لیتر، ** میلی گرم در لیتر

قابل ملاحظه بوده ولی نتایج تجزیه‌های شیمیایی وجود آهن را در آبخوان‌های پایین دست نشان نمی‌دهد. در خصوص رودخانه سیاه درویشان، غلظت کل در طول مسیر از بالادست به پایین دست کاهش تدریجی را نشان می‌دهد. مشکل افزایش نترات در آبخوان‌ها مشاهده نگردید. مقادیر BOD و COD نیز نمایان‌گر سالم بودن آب‌ها است. طبق دیاگرام شولر تمامی

به طور کلی کیفیت آب آبخوان‌ها در اعماق مختلف در فصول سال تغییرات محسوس را نشان نمی‌دهد. بررسی نتایج تجزیه‌های متعدد شیمیایی حاکی از افزایش تدریجی هدایت الکتریکی و سدیم در مسیر جریان زیرزمینی است. برای سایر اندازه‌گیری‌ها تغییرات از روند مشخصی پیروی نمی‌کند. غلظت آهن در آبخوان‌های بالادست (به ویژه در منطقه فومن) نسبتاً

حداکثر ۰/۵۵۹ میلی مو بر سانتی‌متر در چاه W₅ می‌باشد. مقدار نسبت جذب سدیم (SAR) در طول مسیر جریان بین حداقل ۰/۳۱۲ در چاه W₁ و حداکثر ۰/۶۶ در چاه W₅ می‌باشد. با استفاده از نتایج اندازه‌گیری‌ها نقشه هم هدایت الکتریکی ترسیم گردید (شکل ۵). بررسی این نقشه نشان می‌دهد که منحنی‌های هم‌ارزش هدایت الکتریکی عموماً به طرف تالاب انزلی یعنی هم‌جهت با حرکت آب زیرزمینی و رودخانه‌های منطقه از جنوب به سمت شمال کشیده شده و پیش‌روی دارند. بنابراین مورفولوژی منحنی‌های هم‌ارزش هدایت الکتریکی نمایانگر تغذیه جانبی آبخوان‌های عمیق از طرف ارتفاعات حاشیه دشت به‌ویژه در امتداد دره‌ها، گسل‌ها و درز و شکاف و هم‌چنین به‌صورت تزریقی و نشتی در پهنه دشت می‌باشد برای مثال منحنی دارای ارزش ۵۰۰ میکرومو از منتهی‌الیه غربی منطقه تا دره پسیخان در شرق منطقه گسترش داشته و در امتداد دره رودخانه‌های مرغک، خالکایی، پلنگ‌رود و سیاه درویشان تحت تأثیر رودخانه‌های مذکور در امتداد جهت حرکت آب زیرزمینی پیش رفته و تا حوالی تالاب انزلی به جلو رانده شده است.



شکل ۴ - نقشه هم ضریب قابلیت انتقال آب

آب‌های مورد تجزیه از نظر قابلیت آشامیدن در قسمت خوب خیلی خوب پراکنده می‌باشند.

۹ - مطالعه تغییرات نسبت‌های مهم : نسبت: $\frac{SO_4}{Cl}$

دامنه تغییرات این نسبت در طول مسیر جریان زیرزمینی بین ۰/۶۱ در چاه W₁ و ۰/۸۰۶ در چاه W₂ می‌باشد. هم‌چنین مقادیر آن در چاه‌های W₁، W₂ و W₃ به ترتیب ۰/۳، ۰/۸ و ۰/۶۴ است. بنابراین از سمت جنوب به شمال یعنی از منطقه شهرستان فومن به سمت تالاب انزلی افزایش یافته است. علت این افزایش مربوط به کاهش کلر در آب زیرزمینی است. سپس تا انتهای مسیر تغییرات این نسبت نامنظم می‌باشد.

نسبت: $\frac{Mg}{Ca}$ مقادیر حد عبارتند از ۰/۲۶ در چاه W₄ و ۰/۷۱ در چاه W₂. با توجه به اینکه معمولاً به علت قابلیت انحلال بیشتر نمک‌های منیزیم، مقدار Mg آب‌های زیرزمینی از بالا دست به پایین دست افزایش یافته و مقدار Ca تقریباً ثابت می‌ماند، از این نظر مقدار $\frac{Mg}{Ca}$ در جهت جریان معمولاً افزایش نشان می‌دهد اما برخلاف معمول در منطقه مورد بررسی این افزایش دیده نمی‌شود. در طول مسیر مقدار Mg نسبتاً متغیر و در نتیجه تغییرات نسبت $\frac{Mg}{Ca}$ در جهت جریان نامنظم است.

نسبت: $Id = \frac{Cl - (Na + K)}{Cl}$: در طول مسیر جریان

زیرزمینی مقدار آن ابتدا در چاه‌های W₁، W₂ مثبت ولی در ادامه مسیر در چاه‌های W₃، W₄ و W₅ منفی است. علت منفی بودن Id در این چاه‌ها به دلیل افزایش نمک‌های سدیم به غیر از نمک‌های کلرور سدیم در آبخوان‌های مربوط به این چاه‌ها است. با توجه به اینکه آب‌های زیرزمینی منطقه مورد بررسی در طول مسیر خود از سازندهایی که دارای نمک‌های سدیم باشد عبور نکرده است بنابراین لازم است مطالعات هیدروشیمی بیشتری صورت گیرد تا علت افزایش نمک‌های سدیم و در نتیجه علت منفی بودن این شاخص در طول مسیر مشخص شود.

۱۰- ترسیم نقشه هم‌هدایت الکتریکی و استفاده از

آب‌ها برای آبیاری : مقدار قابلیت هدایت الکتریکی (EC) در طول مسیر جریان زیرزمینی بین حداقل ۰/۴۱۹ در چاه W₄ و

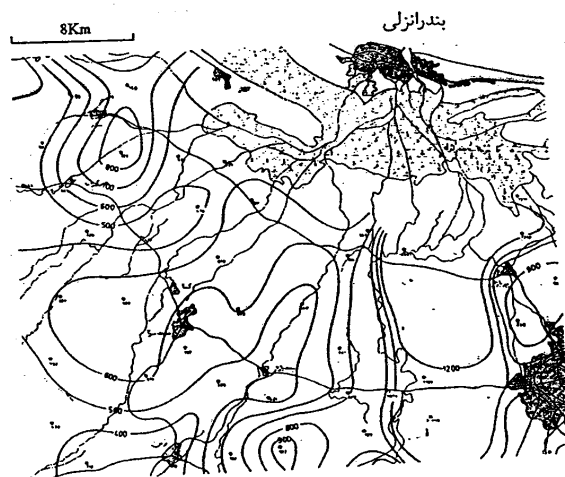
اعماق پایین، لایه‌های دانه درشت مثل شن و ریگ به صورت
ببین لایه‌ای وجود دارد و حاوی آب شیرین تحت فشار می‌باشد.

بارندگی زیاد و وجود منابع آب‌های سطحی فراوان از عوامل
موثر در تغذیه خوب آبخوان‌ها بوده و توزیع متعادل بارندگی در
طول سال و شبکه هیدروگرافی در سطح دشت موجب شده
تا

آبخوان‌ها کاملاً پر شده و به حالت سرریز رسیده به طوری که
تمامی رودخانه‌های جاری در دشت پس از عبور از محدوده
مخروط افکنه در بخش میانی و پایانی دشت زهکشی و تخلیه
آب‌های زیرزمینی را موجب می‌گردند.

با توجه به این که کیفیت آب آبخوان‌ها در فصول مختلف
سال در کل قلمرو مورد بررسی تغییرات محسوسی را
نشان نمی‌دهد، می‌توان گفت که آبخوان‌های منطقه به خوبی
تغذیه شده و از منشاء واحد یا مشابه منابع تغذیه کننده
برخوردار هستند. بررسی تغییرات کیفی آب زیرزمینی در طول
مسیر جریان نشان می‌دهد که به جز تغییرات جزئی که ناشی از
عوامل موضعی است، تغییرات مهمی در املاح محلول در آب
دیده نمی‌شود. این موضوع بیانگر عدم وجود سازند آلاینده مثل
سازندهای گچی - ژیبسی یا گندهای نمکی و یا هر نوع منابع
آلوده کننده در طول مسیر حرکت آب است.

می‌توان گفت که بارندگی زیاد و کوتاه بودن طول مسیر
حرکت آب زیرزمینی، و فور منابع تغذیه کننده آبخوان و بالاخره
عدم وجود سازند آلاینده آب زیرزمینی از عوامل مثبتی هستند
که موجب کیفیت شیمیایی خوب و مطلوب منابع آب‌های
زیرزمینی در کلیه گستره مورد بررسی می‌باشند. عدم مهار
آب‌های سطحی و عدم استفاده صحیح از منابع آب‌های
زیرزمینی دو مشکل عمده در زمینه افزایش و گسترش تولیدات
کشاورزی در منطقه مورد بررسی به ویژه در مواقع خشکسالی‌ها
به شماره می‌رود (۵). کمبودهای منابع آب اواخر بهار و تابستان
این منطقه را می‌توان با مهار آب‌های سطحی و بهره‌برداری
اصولی از منابع غنی آب‌های زیرزمینی برطرف کرد.



شکل ۵ - نقشه هم‌هدایت الکتریکی

مقدار SAR در کل گستره مورد بررسی از ۴ کمتر است.
بنابراین با توجه به مقادیر SAR و EC (۱۵) استفاده از منابع
آب‌های زیرزمینی منطقه دشت فومنات و حوزه تالاب انزلی
هیچگونه مشکلی در آبیاری و یا خطر قلیایی شدن خاک در بر
ندارد.

۱۱- نتیجه‌گیری کلی: مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی و
تجزیه و تحلیل‌ها نشان می‌دهد که در دشت فومنات و حوزه
تالاب انزلی به ویژه در مناطق فومن، جمعه‌بازار، صومعه‌سرا،
طاهر گوراب و بخش شمالی صومعه‌سرا تا حوالی سنگ چوب
ضخامت قابل ملاحظه‌ای از رسوبات آبرفتی حاوی آب شیرین
انباشته شده که بیشترین ضخامت آن در مناطق مزبور که در
گستره تحت تاثیر رودخانه ماسوله رودخان قرار دارند به ۳۰۰
متر می‌رسد. آبخوان‌های تشکیل شده در دشت حوزه تالاب
شامل یک آبخوان فرآتیک است که در سرتاسر پهنه دشت
گسترش داشته ضخامت آن ناچیز و دبی آن ضعیف است. تعداد
زیادی آبخوان‌های تحت فشار معمولی و تحت فشار جهنده
(آرتزین) در منطقه مورد بررسی تشکیل شده است که توسط
لایه‌های دانه ریز نفوذ ناپذیر از هم جدا شده‌اند. سنگ‌های
مخزن آب در نزدیکی دامنه‌ها از رسوبات واریزه‌ای و در مخروط
افکنه رودخانه‌ها از مواد دانه درشت تشکیل یافته‌و به طرف میانه
دشت از قطر دانه‌ها کاسته شده و در بخش انتهایی دشت به
طور کامل به مواد ریز دانه مثل سیلت و ماسه تبدیل شده و در

REFERENCES

مراجع مورد استفاده

۱. پورهشیار، م. ۱۳۷۷. مقاطع زمین شناسی چاه‌های محفوره در گیلان، شرکت مهندسی مشاور سفید رود گیلان.
۲. زمین شناسی کواترنر کرانه‌های دریای خزر. ۱۳۷۱. سازمان زمین‌شناسی کشور. گزارش شماره ۶۰، صفحه ۴۸.

۳. صدقی، ح (مترجم). ۱۳۶۳. اصول مهندسی هیدرولوژی. جلد‌های اول و دوم، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز. صفحات ۳۲۹ تا ۳۴۹.
۴. علیزاده، ا. ۱۳۷۷. هیدرولوژی کاربردی. انتشارات آستان قدس رضوی. صفحات ۲۳۶، ۲۴۴ و ۳۱۵.
۵. کشاورزی در منطقه گیلان و مازندران. ۱۳۶۸. گروه مطالعات اقتصادی مرکز مطالعات و تحقیقات شهر سازی و معماری. وزارت مسکن و شهرسازی.
۶. گزارش مطالعات ژئوفیزیک رضوانشهر - رودسر. ۱۳۴۸. مهندسین مشاور آب و خاک به کارفرمایی سازمان آب و برق شمال.
۷. گزارش مطالعه مدل ریاضی آبخوان‌های دشت گیلان. ۱۳۵۶. دانشگاه استراسبورگ، فرانسه.
۸. محمدی فتیده، م. ۱۳۷۹. مطالعه تخمین نیاز آبی و حجم آب آبیاری باغ‌های چای گیلان برای آبیاری تحت فشار. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۱، شماره ۲.
۹. محمدی فتیده، م. ۱۳۶۸. شناخت منابع آب‌های زیرزمینی. جزوه درسی گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه گیلان.
۱۰. محمدی فتیده، م. ۱۳۷۸. تعیین عوامل موثر بیلان آب در منطقه رشت. کتاب مجموعه مقالات اولین همایش منطقه‌ای بیلان آب، اهواز.
۱۱. مطالعات عمرانی و توسعه دشت گیلان. ۱۳۳۵. مهندسین مشاور فرانسوی سوگرآ.
۱۲. نظامی، ش. و آ. باقر زاده. ۱۳۷۸. بررسی عوامل آلاینده های آب های سطحی و زیر زمینی استان گیلان. کتاب خلاصه مقالات سومین همایش تخصصی آلاینده های محیط زیست. حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه گیلان.
13. Degremont, 1978. Memento technique de l'eau. Huitième édition. Technique et Documentation, 11, rue Lavoisier, Paris.
14. Castany, G. 1967. Traité pratique des eaux souterraines. DUNOD, PARIS, FRANCE.
15. Mohammadi Fatideh, M. 1971. Étude du milieu physique en vue de l'aménagement d'un secteur agricole près de LESIGNAN - CORBIERES (AUDE). thèse de Docteur -Ingenieur présentée à l'Université des sciences et techniques du LANGUEDOC, Montpellier, FRANCE.
16. Punmia, B. C. 1997. Irrigation and water power engineering. LAXMI Publications(P) LTD, New Delhi, INDIA.
17. Santosh kumar Garg. 1998. Hydrology and water resources engineering. Khanna Publishers, 2-B, Na th Market, Nai Sarak, Delhi, INDIA (P 325).
18. Scholler, H. 1962. les eaux souterraines. MASSON, PARIS, FRANCE
19. Subramanya, k. 2000. Engineering Hydrology Published by Tata McGraw - Hill publishing Company limited, New Delhi, INDIA.

An Investigation of the Ground Water Resources of the Alluvial Plain of Foumenat (Guilan) and a Qualitative Study of Their Variations

M.M.Fatideh

Associate Professor, Department of Irrigation, University of Guilan, Rasht, Iran

Accepted Oct. 30. 2002

SUMMARY

This study was carried out in the occidental part of the alluvial plain of Guilan (Foumenat plain) to determine the potentials of the ground water resources of this area and to examine their qualitative variations. Work was started with collecting and examining the basic general data on the area: inventories concerning climatological as well as geological information. Then factors affecting water balance were determined. Numerous maps relating to area hydrogeology: piezometric cards, water table contours below the natural terrain were drawn, and then attempt was made to measure the annual aquifer oscillations. With data from pumping tests, the characteristic hydrodynamics of the aquifers, that is, the transmissibility (T), storage coefficient(S), linear loss ratios of load (B) and non linear ones of load (C), representative line equation for some wells was determined. Hydrochimics and the qualitative variations were studied. The concentration of the ions Ca, Mg, Na, K, Cl, SO₄, CO₃, HCO₃, P, N-NH₄, N-NO₂, NO₃, Fe and certain heavy elements like Pb, Cd and Hg, as well as other parameters such as EC, pH, BOD, COD and TDS were determined. The study has shown that Foumenat plain is of high groundwater potential. The aquifers in this area consist of one free aquifer with a weak discharge and many confined or artesian ones with appreciable discharge. However due to lack of proper consideration in drilling techniques along with unsuitable equipment, exploitation discharge of the wells is not satisfactory. The chemical composition of surface as well as underground water show that the water resources often have a good quality for agriculture as well as human consumption. Interpretation of the obtained results also shows a gradual increase in electrical conductivity, Na and Cl in the general direction of water flow, but this condition does not apply to other ions. The concentration of Fe is appreciable in the southern aquifers, but it is not appreciable in others not an important quantity of nitrate is observed in the aquifers. The results of analyses do not show the existence of heavy elements (Pb, Cd, and Hg), thus the base of the international standards for clean water is established. The quantities of BOD and COD do not indicate any problems of pollution.

Key words: Aquifers, Pumping tests, Equations of Theis and Jacob, Piezometric maps, Qualitative variations.