

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده علوم زمین

پایان نامه کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی

بررسی پایداری آبخوان ازغند در استان خراسان رضوی

با استفاده از مدل عددی

نگارنده: هادی امیدفر

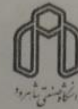
استاد راهنما: دکتر هادی جعفری

شهریور ۱۳۹۸

شماره: ۹۱۰۶۱۵۷

تاریخ: ۹۶/۶/۲۵

باسمه تعالی



مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۳) صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد هادی امیددی فر با شماره دانشجویی ۹۵۰۳۸۷۴ رشته زمین شناسی گرایش آبشناسی تحت عنوان بررسی پایداری آبخوان ازغند در استان خراسان رضوی با استفاده از مدل عددی که در تاریخ ۹۸/۰۶/۱۲ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

<input type="checkbox"/> مردود <input checked="" type="checkbox"/> قبول (با درجه: <u>بسیار خوب</u>)			
نوع تحقیق: <input type="checkbox"/> نظری <input type="checkbox"/> عملی			
عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنمای اول	دکتر هادی جعفری	استادیار	
۳- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر گیتی فرقانی	استادیار	
۴- استاد ممتحن اول	دکتر غلامحسین کرمی	دانشیار	
۵- استاد ممتحن دوم	دکتر افشین قشلاقی	استادیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده: دکتر پرویز امیدی

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:

تصريح: در صورتی که کسی مردود شود حداکثر یکبار دیگر (در مدت مجاز تحصیل) می تواند از پایان نامه خود دفاع نماید (دفاع مجدد نباید زودتر از ۴ ماه برگزار شود).

تقدیم به

بمفر مهربان زندگی ام که با حمایت، همیشگی اش قدم در این راه نهادم و موفقیت بایم را بدیون گذشت هایش در این سال ها هستم.

تقدیم به همسر عزیزم

تقدیر و تشکر

خداوند بزرگ را شاکرم که نعمت حرکت در راه علم فراهم فرام شد و توانستم در این راه قدم نهاده و این مقطع را با موفقیت به پایان برسانم. در ابتدا قدر دانی دارم از استاد راهنمای بزرگووارم جناب آقای دکتر باقری که صمیمانه در این راه یاری ام نموده اند و راهنمایی های ایشان ریحکهای مشکلاتم در طول مدت تحقیق بوده است. از اساتید عزیز دانشکده علوم زمین، جناب آقایان دکتر کریمی و دکتر باقری که زحمات زیادی بر دوش ایشان گذاشتم کمال تشکر و قدر دانی را دارم. در برابر خانواده مهربانم و سایر بستگان که سختی دوری راه را تحمل نموده اند و پشتوانه عظیمی برایم هستند عاشقانه سر تعظیم فرود می آورم. در نهایت از دوستان عزیزم آقایان جمشیدی، بطیاری، باقری، دولت آبادی، ارجمند شریف، مید موسوی، میرانی، حسنی و خانم بانجی زاده و اشجاری که تجزیه شیمی را در کنارشان گذراندم و در این تحقیق یاری ام رسانند تشکر می کنم و آرزوی موفقیت روز افزون را برایشان دارم.

با دلی امید ی فر

شهریور ماه ۱۳۹۸

تعهد نامه

اینجانب هادی امیدفر دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زمین‌شناسی - آبشناسی دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه بررسی آبخوان ازغند در استان خراسان رضوی با استفاده از مدل عددی تحت راهنمایی جناب دکتر هادی جعفری متعهد می‌شوم:

- تحقیقات در این پایان‌نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارایه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه شاهرود » و یا « Shahrood University » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه تاثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت‌های آن‌ها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

امضای دانشجو: هادی امیدفر

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

پیش‌بینی نوسانات سطح ایستابی و تغییرات حجم منابع آب زیرزمینی از اهمیت بالایی در مدیریت کارآمد آنها برخوردار است. آبخوان ازغند با وسعت حدود ۲۸۹ کیلومترمربع در حد فاصل شهرهای تربت‌حیدریه، فیض‌آباد و کاشمر در امتداد شرق به غرب کشیده شده است. حدود ۶۶ درصد از منابع آب زیرزمینی این آبخوان برای مصارف کشاورزی، ۳۳ درصد برای مصارف شرب شهری و روستایی و ۱ درصد نیز جهت سایر مصارف (دام و طیور، صنعتی، گلخانه و غیره) مورد استفاده قرار می‌گیرد. آبخوان ازغند بیشترین سهم را در تامین آب شرب شهر فیض‌آباد، روستاهای تابعه و نیز بخشی از آب شرب شهر تربت‌حیدریه را داشته که این موضوع ضرورت انجام مطالعات در این آبخوان مهم را ایجاب نموده است. بدین منظور مدل عددی آبخوان جهت پیش‌بینی رفتار آبخوان در سناریوهای مختلف و در راستای مدیریت این آبخوان ارزشمند به وسیله کد کامپیوتری MODFLOW در نرم‌افزار GMS 7.1 تهیه شد. واسنجی (کالیبراسیون) مدل بر اساس اطلاعات ۱۲ ماهه سال آبی ۹۵-۹۴ انجام شده و به منظور صحت‌سنجی آن نیز از آمار سال آبی بعد استفاده شده است. بر این اساس محدوده تغییرات هدایت هیدرولیکی آبخوان در مدل عددی ۷ تا ۲۴ متر بر روز، ضریب ذخیره متوسط حدود ۶ تا ۷ درصد، ضریب نفوذ بارش ۱۰ درصد و ضریب آب برگشتی نیز حدود ۲۰ درصد برآورد گردید. از مدل عددی کالیبره شده و صحت‌سنجی شده برای پیش‌بینی رفتار آبخوان در سناریوهای مختلف (ادامه شرایط فعلی، حفر چاه‌های جدید برای تامین آب شرب و کاهش برداشت از چاه‌های کشاورزی) استفاده گردید. بر اساس نتایج مدل عددی، ادامه روند فعلی بدون اعمال شرایط کاهش برداشت آب باعث افزایش افت سطح ایستابی می‌گردد. افزایش برداشت از منابع آب زیرزمینی از طریق حفر چاه‌های جدید شرب نیز باعث افت بیشتر سطح ایستابی و تشدید پیشروی خطوط هم‌پتانسیل کمتر به سمت منطقه شمال زرمهر و خوشدره (واقع در شمال شرق آبخوان) خواهد شد. در سناریوی سوم، کاهش برداشت از چاه‌های کشاورزی فعلی در محدوده چاه‌های شرب باعث عدم اعمال تنش بیشتر به آبخوان می‌گردد.

کلمات کلیدی : مدل عددی، بیلان، مادفلو، ازغند.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه	۱
۱-۱- بیان مسئله و هدف از انجام تحقیق	۲
۲-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه	۲
۳-۱- آب و هوای منطقه مورد مطالعه	۳
۳-۱-۱- بارش	۳
۳-۱-۲- دما	۵
۳-۱-۳- اقلیم	۵
۴-۱- زمین‌شناسی	۶
۴-۱-۱- زمین‌شناسی عمومی	۶
۴-۱-۲- زمین ریخت‌شناسی	۸
۴-۱-۳- چینه‌شناسی	۸
۴-۱-۴- زمین ساخت (تکتونیک)	۱۲
۵-۱- هیدرولوژی منطقه	۱۴
۶-۱- هیدروژئولوژی	۱۵
۶-۱-۱- بررسی‌های اکتشافی	۱۵
۶-۱-۲- آزمایشات پمپاژ	۲۰
۶-۱-۳- بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی	۲۱
۶-۱-۴- نوسانات سطح ایستابی آبخوان ازغند	۲۳
فصل دوم: مروری بر مطالعات گذشته	۲۹
۲-۱- مقدمه	۳۰
۲-۲- مروری بر مطالعات مدل‌سازی آب‌های زیرزمینی در جهان	۳۰
۲-۳- مروری بر مطالعات مدل‌سازی آب‌های زیرزمینی در ایران	۳۲
۲-۴- جمع‌بندی مطالعات پیشین	۳۶
۲-۵- سابقه مدل‌سازی آبخوان ازغند	۳۶
فصل سوم: روش انجام تحقیق	۳۷
۳-۱- مقدمه	۳۸
۳-۲- جمع‌آوری اطلاعات پایه و تهیه مدل مفهومی آبخوان	۳۸
۳-۳- انتخاب مدل عددی و نرم‌افزار مناسب	۳۹
۳-۴- تبدیل مدل مفهومی به مدل عددی	۳۹

۴۰	۳-۵- کالیبراسیون (واسنجی) مدل
۴۰	۳-۶- آنالیز حساسیت و صحت‌سنجی مدل
۴۰	۳-۷- بررسی پایداری آبخوان ازغند تحت سناریوهای مختلف
۴۱	فصل چهارم: مدل‌سازی عددی و بررسی پایداری آبخوان ازغند
۴۲	۴-۱- مقدمه
۴۲	۴-۲- مدل مفهومی آبخوان ازغند
۴۲	۴-۲-۱- هندسه آبخوان
۴۲	۴-۲-۲- هیدرولیک آبخوان
۴۴	۴-۳-۳- بیلان آبخوان ازغند
۴۵	۴-۳-۱- ورودی و خروجی جریان‌های آب زیرزمینی
۴۷	۴-۳-۲- تغذیه ناشی از نفوذ بارش
۴۸	۴-۳-۳- تغذیه ناشی از آب برگشتی کشاورزی
۴۸	۴-۳-۴- میزان تبخیر و تعرق از آبخوان
۴۸	۴-۳-۵- بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی
۴۹	۴-۴- خلاصه بیلان آبخوان ازغند
۵۰	۴-۵- مدل عددی آبخوان ازغند
۵۰	۴-۵-۱- شبکه‌بندی محدوده آبخوان
۵۱	۴-۵-۲- سنگ کف و توپوگرافی سطحی
۵۲	۴-۵-۳- تعیین شرایط مرزی و سطح آب اولیه
۵۲	۴-۵-۴- چاه‌های مشاهده‌ای
۵۳	۴-۵-۵- دوره‌های تنش درمدل
۵۳	۴-۵-۶- واسنجی مدل
۵۳	۴-۵-۷- صحت‌سنجی مدل
۵۴	۴-۵-۸- خروجی مدل عددی آبخوان ازغند
۵۹	۴-۶- بررسی پایداری آبخوان ازغند در سناریوهای مختلف
۶۹	فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها
۷۰	۵-۱- مقدمه
۷۰	۵-۲- نتایج
۷۱	۵-۳- پیشنهادها
۷۲	منابع

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱ - موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه ازغند و راه‌های دسترسی به آن ۳
- شکل ۱-۲ - مقادیر بارش سالیانه در محل ایستگاه شیخ‌ابوالقاسم تربت‌حیدریه ۴
- شکل ۱-۳ - مقادیر بارش سالیانه در محل ایستگاه کاشمر ۴
- شکل ۱-۴ - مقادیر بارش سالیانه در محل ایستگاه ملک‌آباد رشتخوار ۴
- شکل ۱-۵ - متوسط بارش دشت ازغند بر اساس متوسط بارش ماهانه ۵
- شکل ۱-۶ - منحنی امپروترمیک دشت ازغند در سال آبی ۹۴-۹۵ ۶
- شکل ۱-۷ - نقشه زمین‌شناسی دشت ازغند ۷
- شکل ۱-۸ - متوسط دبی رودخانه فصلی ازغند در سال‌های ۹۵-۷۶ ۱۵
- شکل ۱-۹ - موقعیت مقاطع ژئوالکتریک دشت ازغند ۱۶
- شکل ۱-۱۰ - حجم برداشت از منابع آب زیرزمینی آبخوان ازغند (سال آبی ۹۴-۹۵) ۲۲
- شکل ۱-۱۱ - نوع مصرف منابع آب زیرزمینی آبخوان ازغند در سال آبی ۹۴-۹۵ ۲۲
- شکل ۱-۱۲ - هیدروگراف پیزومتر زرمهر ۲۳
- شکل ۱-۱۳ - هیدروگراف پیزومتر شادمهر ۲۳
- شکل ۱-۱۴ - هیدروگراف پیزومتر خوشدره ۲۴
- شکل ۱-۱۵ - هیدروگراف پیزومتر چنار ۲۴
- شکل ۱-۱۶ - هیدروگراف پیزومتر سلطان‌آباد ۲۴
- شکل ۱-۱۷ - هیدروگراف پیزومتر گلستان ۲۵
- شکل ۱-۱۸ - هیدروگراف پیزومتر نای ۲۵
- شکل ۱-۱۹ - شبکه تیسن آبخوان ازغند ۲۶
- شکل ۱-۲۰ - هیدروگراف معرف آبخوان ازغند ۲۷
- شکل ۴-۱ - پهنه‌بندی هدایت هیدرولیکی (متر در روز) در محدوده آبخوان ازغند ۴۴
- شکل ۴-۲ - شبکه جریان آبخوان ازغند و ترسیم مقاطع ورودی و خروجی به/از آبخوان ۴۵
- شکل ۴-۳ - موقعیت چاه‌های بهره‌برداری آبخوان ازغند ۴۹
- شکل ۴-۴ - شبکه‌بندی محدوده آبخوان ازغند در مدل عددی ۵۱
- شکل ۴-۵ - نقشه سنگ کف آبخوان در مدل عددی ۵۱
- شکل ۴-۶ - نقشه توپوگرافی سطحی آبخوان ازغند مورد استفاده در مدل عددی ۵۲
- شکل ۴-۷ - مقایسه مقادیر محاسباتی و مشاهده‌ای تراز آب پیزومترها ۵۴
- شکل ۴-۸ - نقشه هم‌پتانسیل شبیه‌سازی آبخوان ازغند در پایان مرحله واسنجی ۵۴
- شکل ۴-۹ - مقادیر بار مشاهده‌ای و محاسباتی در پیزومتر گلستان ۵۵
- شکل ۴-۱۰ - مقادیر بار مشاهده‌ای و محاسباتی در پیزومتر نای ۵۶
- شکل ۴-۱۱ - مقادیر بار مشاهده‌ای و محاسباتی در پیزومتر سلطان‌آباد ۵۶

- شکل ۴-۱۲- مقادیر بار مشاهده‌ای و محاسباتی در پیژومتر خوشدره ۵۶
- شکل ۴-۱۳- مقادیر بار مشاهده‌ای و محاسباتی در پیژومتر شادمهر ۵۷
- شکل ۴-۱۴- مقادیر بار مشاهده‌ای و محاسباتی در پیژومتر چنار ۵۷
- شکل ۴-۱۵- مقادیر بار مشاهده‌ای و محاسباتی در پیژومتر زرمهر ۵۷
- شکل ۴-۱۶- نقشه هم‌پتانسیل آب زیرزمینی در ابتدای دوره ۵ ماهه ۶۰
- شکل ۴-۱۷- نقشه هم‌پتانسیل آب زیرزمینی در انتهای دوره ۵ ماهه ۶۱
- شکل ۴-۱۸- مقادیر بار محاسباتی در پیش‌بینی پنج ساله پیژومترهای گلستان و نای ۶۲
- شکل ۴-۱۹- مقادیر بار محاسباتی در پیش‌بینی پنج ساله پیژومترهای سلطان‌آباد و چنار ۶۲
- شکل ۴-۲۰- مقادیر بار محاسباتی در پیش‌بینی پنج ساله پیژومترهای خوشدره و شادمهر ۶۳
- شکل ۴-۲۱- مقادیر بار محاسباتی در پیش‌بینی پنج ساله پیژومتر زرمهر ۶۳
- شکل ۴-۲۲- نقشه هم‌پتانسیل آب زیرزمینی قبل از تنش ۶۴
- شکل ۴-۲۳- نقشه هم‌پتانسیل آب زیرزمینی پس از تنش ۶۵
- شکل ۴-۲۴- نقشه هم‌پتانسیل آب زیرزمینی قبل از کاهش ۲۰ درصدی آب کشاورزی ۶۶
- شکل ۴-۲۵- نقشه هم‌پتانسیل آب زیرزمینی (سناریوی سوم) پس از گذشت یک سال ۶۶

فهرست جدول‌ها

- جدول ۱-۱ - ۱- مشخصات پیزومترهای حفر شده در محدوده مطالعاتی ازغند..... ۲۰
- جدول ۱-۲ - ۲- مشخصات چاه‌های واجد آزمایش پمپاژ و نتایج حاصل از آن..... ۲۱
- جدول ۱-۳ - ۳- مساحت تیسن‌های آبخوان ازغند..... ۲۶
- جدول ۴-۱ - ۱- محاسبات جریان ورودی آب زیرزمینی آبخوان ازغند..... ۴۶
- جدول ۴-۲ - ۲- محاسبات جریان خروجی آب زیرزمینی آبخوان ازغند..... ۴۷
- جدول ۴-۳ - ۳- پارامترهای بیلان آبخوان ازغند در سال آبی ۹۴-۹۵..... ۴۹
- جدول ۴-۴ - ۴- بیلان کلی محاسبه شده آبخوان ازغند در مدل عددی در پایان دوره واسنجی..... ۵۸
- جدول ۴-۵ - ۵- بیلان کلی محاسبه شده آبخوان ازغند در مدل عددی در پایان دوره صحت‌سنجی.. ۵۹

فصل اول: مقدمه

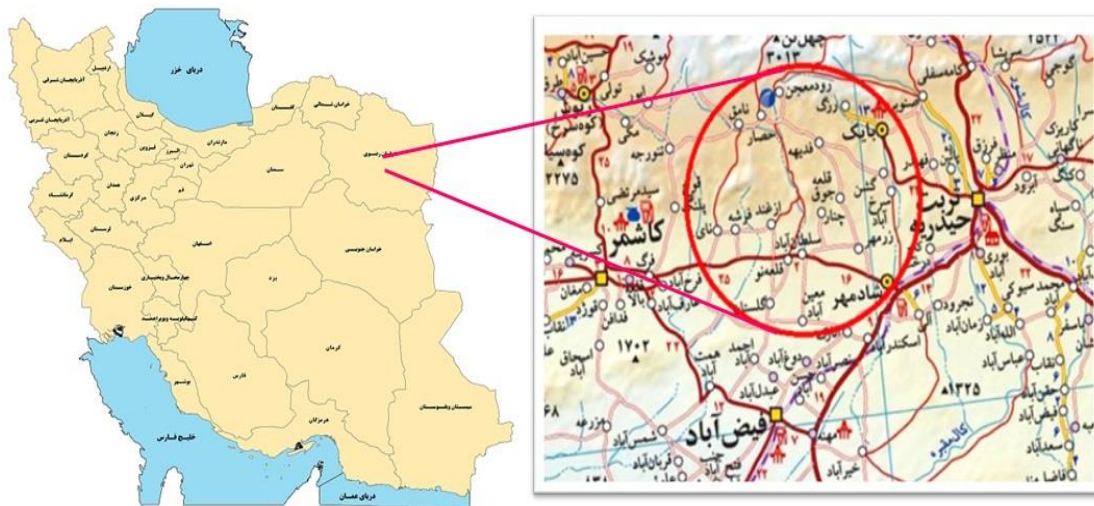
۱-۱- بیان مسئله و هدف از انجام تحقیق

آبخوان ازغند دارای آب با کیفیت مناسب جهت مصارف شرب بوده و به همین دلیل منبع اصلی تامین آب شرب شهر فیض‌آباد، روستاهای تابعه و نیز بخشی از کسری حجم آب شرب شهر تربت‌حیدریه می‌باشد. در سالیان اخیر به دلیل حفر پنج حلقه چاه عمیق برای تامین آب شرب تربت‌حیدریه و نیز چندین حلقه چاه به منظور جبران کسری آب شهر فیض‌آباد، تنش‌های زیادی به آبخوان وارد شده است. محدوده مطالعاتی ازغند جزو مناطق ممنوعه اعلام شده از طرف وزارت نیرو بوده و امکان توسعه برداشت آب برای مصارف کشاورزی وجود ندارد، لیکن حفر چاه‌های جدید شرب بدون در نظر گرفتن تاثیر برداشت از آنها در افت سطح آب زیرزمینی می‌تواند باعث مشکلاتی در آینده شده و عملاً تامین پایدار آب شرب را به مخاطره اندازد. برداشت آب زیرزمینی جهت مصارف شرب با میزان متوسط ۳۳ درصد برداشت از منابع آب زیرزمینی، بدون توجه به حجم مجاز در پروانه‌های بهره‌برداری صورت می‌گیرد که این موضوع تهدید جدی برای منابع آب زیرزمینی در این دشت می‌باشد. بنابراین هدف از انجام تحقیق بررسی رفتار آبخوان با توجه به تنش‌های جدید وارد بر آن با استفاده از مدل عددی است. در این راستا از کد کامپیوتری مادفلو (MODFLOW) در نرم‌افزار GMS ورژن ۷/۱ استفاده گردید که رابط کاربری مناسبی با سایر نرم‌افزارها نظیر GIS دارد.

۱-۲- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی ازغند با کد ۴۷۲۳ یکی از زیرحوضه‌های کویر مرکزی می‌باشد که در مختصات جغرافیایی ۳۱° ۵۸ تا ۰۷° ۵۹ طول شرقی و ۰۱° ۳۵ تا ۳۳° ۳۵ عرض شمالی قرار دارد. این محدوده در جنوب غرب استان خراسان رضوی واقع شده و از شمال با محدوده‌های مطالعاتی دشت رخ، عطائیه، بخشی از محدوده‌های مطالعاتی زاوه-تربت‌حیدریه و ریوش، از غرب با بخشی از ریوش و کاشمر، از شرق با بخشی از محدوده مطالعاتی زاوه-تربت‌حیدریه و رشتخوار و از جنوب با محدوده‌های مطالعاتی بیمرغ - عمرانی و مه‌ولات هم‌جوار است. وسعت محدوده مطالعاتی ازغند حدود ۱۹۵۳ کیلومتر مربع است که ۳۸۴ کیلومتر مربع از آن را دشت (حدود ۲۰٪) و مابقی را ارتفاعات (عمدتاً در شمال محدوده مطالعاتی) تشکیل می‌دهد. آبخوان مورد مطالعه در این تحقیق حدود ۲۸۹ کیلومتر مربع وسعت دارد.

ارتفاع متوسط دشت ۱۲۲۲ متر، ارتفاع متوسط ارتفاعات ۱۷۳۱ متر و ارتفاع متوسط کل برابر ۱۶۳۱ متر می‌باشد. موقعیت جغرافیایی منطقه و راه‌های دسترسی به آن در شکل ۱-۱ نشان داده شده است.



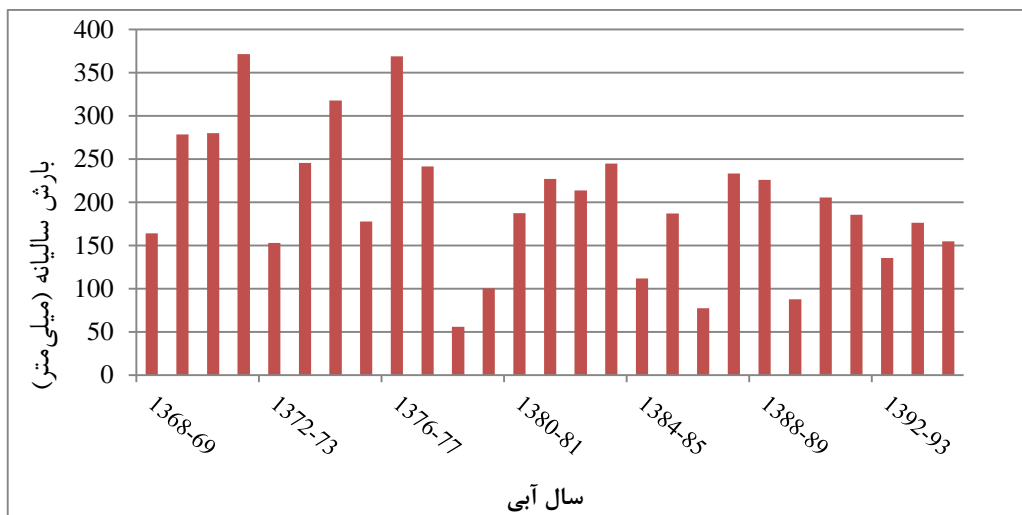
شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه ازغند و راه‌های دسترسی به آن

۱-۳- آب و هوای منطقه مورد مطالعه

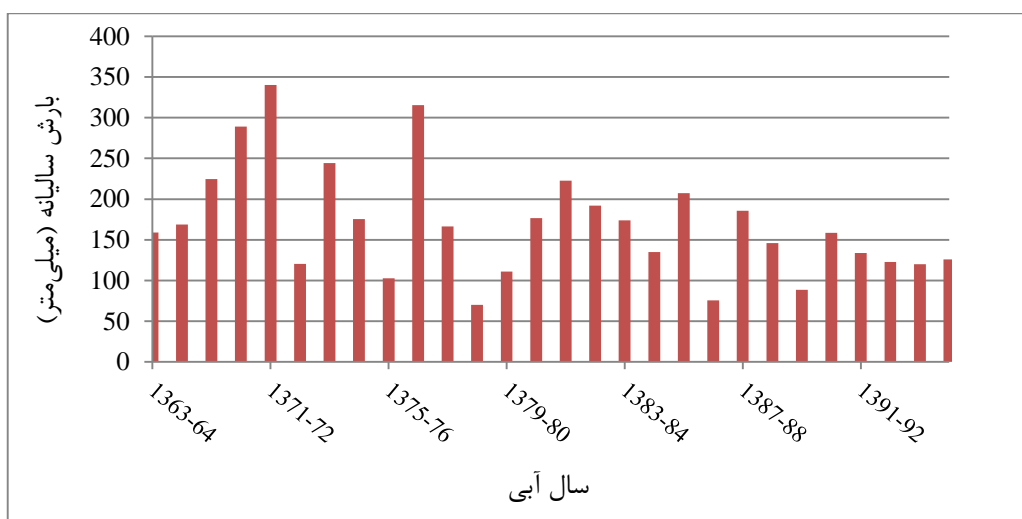
محدوده مطالعاتی دشت ازغند در منطقه‌ای با آب و هوای نسبتاً خشک واقع شده است. متوسط دما و بارش در سال آبی ۹۵-۹۴ به ترتیب برابر ۱۸ درجه سانتی‌گراد و ۱۳۴ میلی‌متر بوده است.

۳-۱-۱- بارش

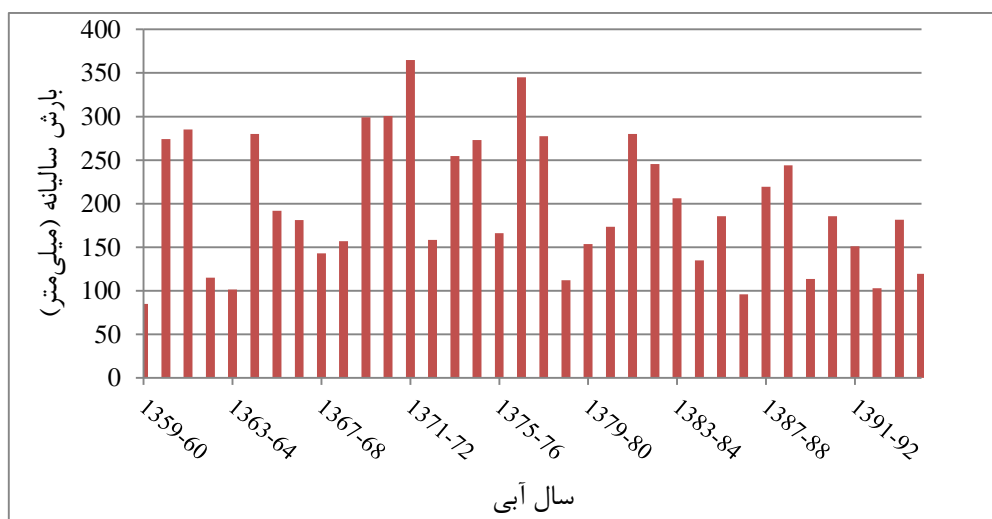
از تعداد ۲۱ ایستگاه هواشناسی موجود در محدوده مطالعاتی ازغند و دشت‌های اطراف آن (شامل ۱۵ ایستگاه باران‌سنجی، ۵ ایستگاه تبخیرسنجی و ۱ ایستگاه سینوپتیک)، ایستگاه‌های نامق و فدیه در داخل محدوده واقع شده است. این دو ایستگاه در ارتفاعات شمالی دشت ازغند بوده و شرایط ارتفاعی آنها با منطقه دشت اختلاف زیادی دارند (متوسط بارش سالانه در محل آنها به ترتیب ۲۸۱ و ۲۵۳ میلی‌متر می‌باشد). پس از بررسی‌های لازم، از اطلاعات سه ایستگاه ملک‌آباد رشتخوار، کاشمر و شیخ‌ابوالقاسم تربت‌حیدریه به دلیل مشابهت بیشتر شرایط توپوگرافی و هیدرولوژی محل آنها با دشت ازغند، جهت برآورد متوسط بارش سالیانه استفاده گردید (شکل‌های ۱-۲، ۱-۳ و ۱-۴). بر این اساس متوسط بارش در سال آبی ۹۵-۹۴ در ایستگاه‌های شیخ‌ابوالقاسم، کاشمر و ملک‌آباد رشتخوار به ترتیب ۱۵۵، ۱۲۶ و ۱۲۰ میلی‌متر بوده است (دفتر مطالعات شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی).



شکل ۱-۲- مقادیر بارش سالیانه در محل ایستگاه شیخ ابوالقاسم تربت حیدریه

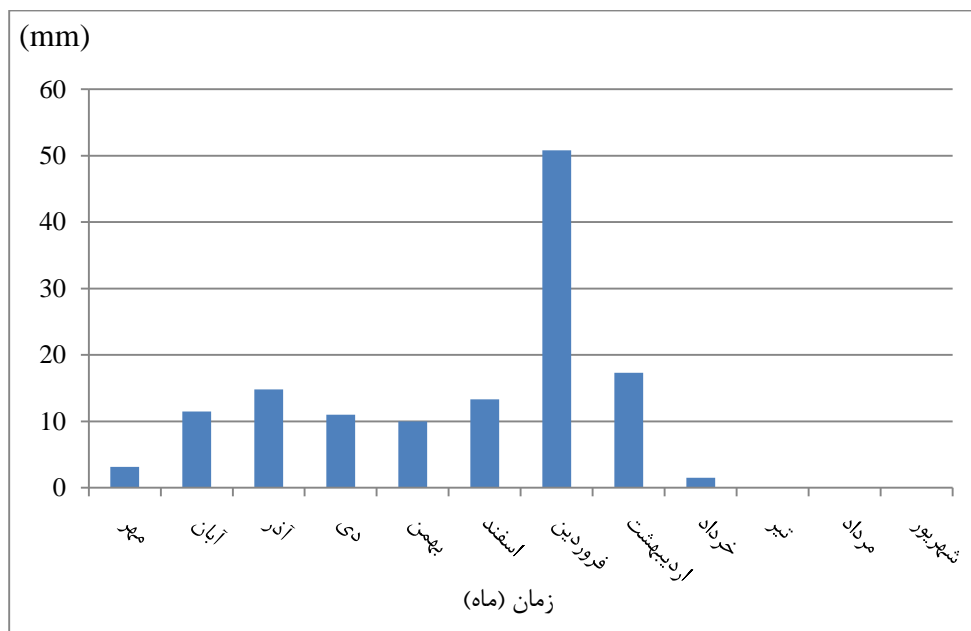


شکل ۱-۳- مقادیر بارش سالیانه در محل ایستگاه کاشمر



شکل ۱-۴- مقادیر بارش سالیانه در محل ایستگاه ملک آباد رشتخوار

مقادیر متوسط بارش ماهانه در محل ایستگاه‌های مذکور در سال آبی ۹۵-۹۴ در شکل ۱-۵ ترسیم شده است. مطابق این شکل بیشترین میزان بارش مربوط به فروردین ماه بوده و ماه‌های تیر تا شهریور فاقد بارش می‌باشند. بر اساس محاسبات، متوسط بارش سالیانه در سال آبی ۹۵-۹۴ برابر ۱۳۴ میلی‌متر بوده که به عنوان متوسط بارش دشت ازغند در نظر گرفته شده است.



شکل ۱-۵- متوسط بارش دشت ازغند بر اساس متوسط بارش ماهانه در سه ایستگاه شیخ‌ابوالقاسم، ملک‌آباد و کاشمر

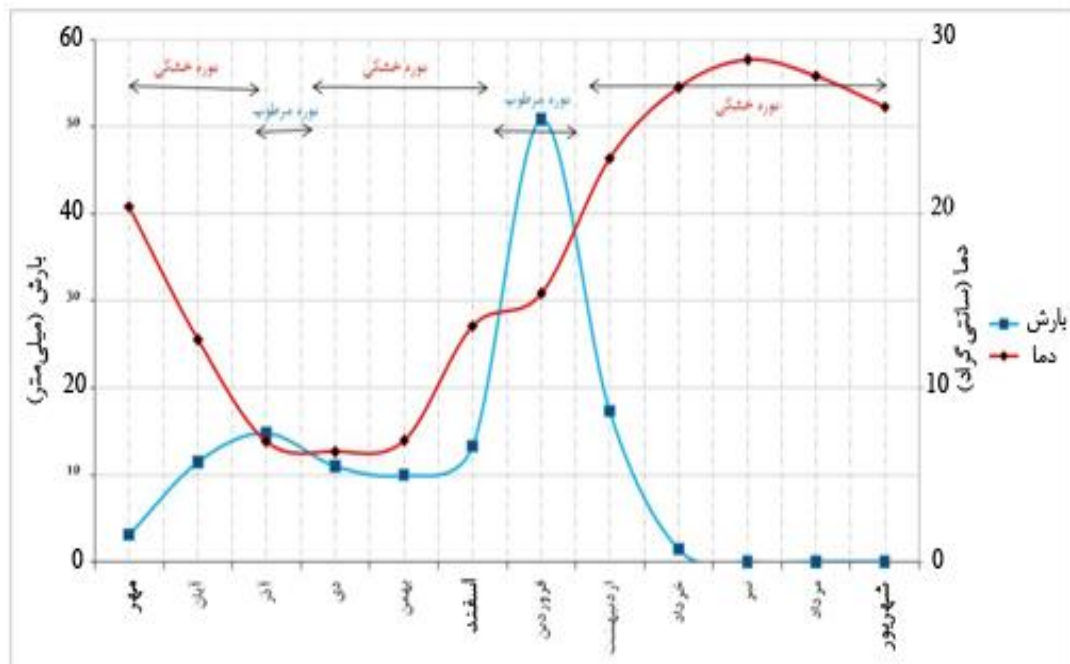
۳-۱-۲- دما

دو ایستگاه تبخیرسنجی صنوبر (واقع در مرز شمال شرقی محدوده مطالعاتی ازغند) و ملک‌آباد رشتخوار دارای ایستگاه دماسنجی می‌باشند. ایستگاه ملک‌آباد رشتخوار با شرایط اقلیمی آبخوان ازغند مشابهت بیشتری داشته که متوسط دمای هوا در سال آبی ۹۵-۹۴ به میزان ۱۸ درجه سانتی‌گراد ثبت شده است.

۳-۱-۳- اقلیم

منحنی امپروترمیک نموداری است که در آن تغییرات ماهانه دمای هوا نسبت به تغییرات ماهانه بارندگی در طول سال مورد مقایسه قرار می‌گیرد. این مقایسه برای محدوده مورد مطالعه در سال آبی

۹۴-۹۵ انجام شده که نتیجه در شکل ۱-۶ ارائه گردیده است. بر این اساس ماه‌های آذر و فروردین مشخص کننده دوره تر و سایر ماه‌ها معرف دوره خشک در این منطقه می‌باشند.



شکل ۱-۶- منحنی امپروترمیک دشت ازغند در سال آبی ۹۴-۹۵

۱-۴- زمین‌شناسی

۱-۴-۱- زمین‌شناسی عمومی

محدوده مطالعاتی ازغند از نظر تقسیمات ساختاری-رسوبی زمین‌شناسی ایران در بخش ایران مرکزی واقع شده است که دارای تنوع سازندی گسترده‌ای می‌باشد. مطالعات زمین‌شناسی محدوده مطالعاتی ازغند بر اساس ورقه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ تربت‌حیدریه و ۱:۱۰۰۰۰۰ فیض‌آباد صورت گرفته است. کهن‌سال‌ترین واحدهای سنگی این ناحیه در کوه فغان واقع در جنوب غرب محدوده برونزد دارد. این نهشته‌ها بیشتر از آهک و دولومیت، شیل، کوارتزیت و ماسه سنگ تشکیل شده است که با توجه به فسیل‌های یافت شده متعلق به کامبرین میانی تا سیلورین می‌باشند. جوان‌ترین تشکیلات نیز نهشته‌های آبرفتی دوران سوم است (شکل ۱-۷).

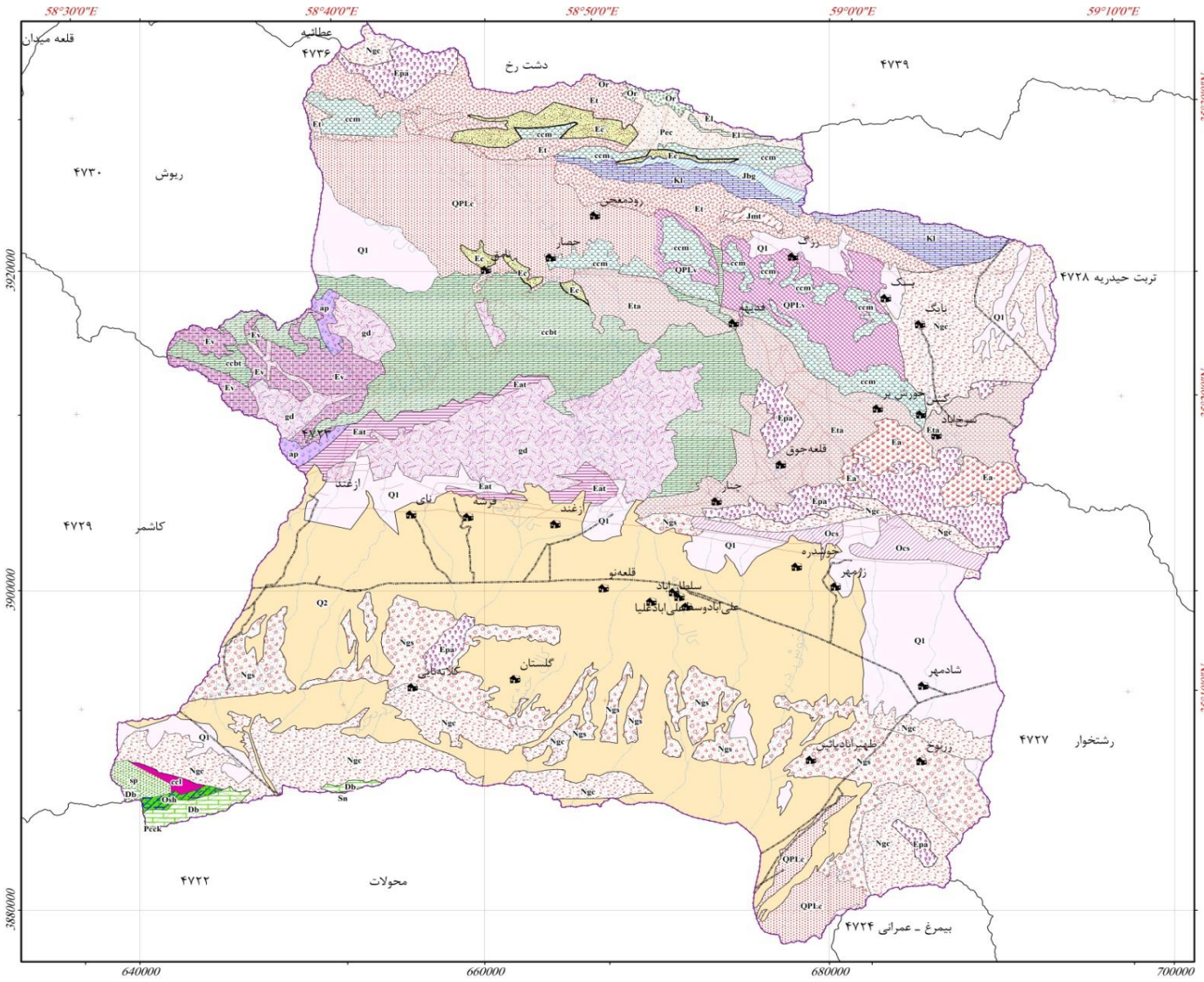
راهنمای نقشه

	روستا
	مرز محدوده
	راه ارتباطی
	رودخانه
	کسل

راهنمای سازندهای زمین شناسی

سن	علامت	تنبه‌وزی
تواریخ	Q1	مخروط آتشفانی ها و پادگانه های آتشفانی جدید
تواریخ	Q2	مخروط آتشفانی ها و پادگانه های آتشفانی مرتفع قدیمی
تواریخ	QPLc	کنگلومرا
تواریخ	QPLs	سنگهای آتشفشانی
تواریخ	Ngc	کنگلومرا - ماسه سنگ
تواریخ	Ngs	ماسه سنگ
تواریخ	Et	توف
تواریخ	Ea	آندزیت
تواریخ	Eta	تراکی آندزیت
تواریخ	Ev	سنگهای آتشفشانی
تواریخ	Ee	کنگلومرا
تواریخ	Epa	پورفیریستک آندزیت
تواریخ	Eat	آندزیت توف
پلاتوس	Pcc	کنگلومرا
کرمه	Ki	آهک
آردوسین	Ocs	کنگلومرا و ماسه سنگ
کلسین	ccm	آهک - ماسه سنگ - لای سنگ - مارن (سازند میلا)
کلسین	ccbt	شیل و دابومت (سازند باروت)
کلسین	gd	گراودبیریت

سیستم تصویر: UTM
 مقیاس نقشه: 1:104,214
 unit: meter
 spheriod: WGS84
 zone: 40



شکل ۱-۷- نقشه زمین شناسی دشت ازغند

۴-۱-۲- زمین ریخت‌شناسی

به طور کلی دشت ازغند بصورت ناودیس فروافتاده‌ای در امتداد گسل درونه است که به صورت دهلیز باریکی بین دشت کاشمر در غرب و دشت رشتخوار در شرق قرار دارد. ساختار زمین‌شناسی منطقه پیامد حرکت کوهزایی آلپین است که از اواخر کرتاسه تا اواخر پلیوسن شدت داشته است و به طور کلی ریخت‌شناسی کنونی منطقه متأثر از این حرکات است. گسل سراسری درونه در شمال و گسل فغان-گومی در جنوبی دشت ازغند در تشکیل حوضه رسوبی کم عمق الیگومیوسن و تغییر رخساره‌های رسوبی منطقه نقش داشته است. این ناحیه عمدتاً توسط رخساره آذرین دوران سوم در شمال و رخساره‌های رسوبی تبخیری و تخریبی نئوژن در جنوب پوشیده شده است (گزارش ممنوعیت دشت ازغند - دفتر مطالعات آب منطقه‌ای خراسان رضوی).

۴-۱-۳- چینه‌شناسی

کامبرین

در جنوب کوه فغان واقع در قسمت جنوب غرب دشت ازغند، سنگ‌هایی به شدت خرد شده با ظاهری سفید رخنمون دارند که با همبری گسله در زیر آهک‌های دونین میانی قرار می‌گیرند. این سنگ‌ها از آهک‌های سیاه و خاکستری همراه با ندول‌های چرت سیاه، آهک‌های آبی متمایل به سبز نازک لایه، شیل‌های سبز و قرمز میکادار، دولومیت و مقادیر زیادی رسوبات تبخیری و سنگ‌های ولکانیک بازیک تشکیل شده است که باتوجه به رخساره سنگی و موقعیت چینه‌شناسی این نهشته‌ها را می‌توان با سازند کالشانه (از گروه میلا) مقایسه نمود.

اردوویسین-سیلورین

نهشته‌های مربوط به زمان اردوویسین-سیلورین با ماسه سنگ‌های کوارتزیتی دانه ریز میکادار، شیل‌های سیلتي آغاز و با یک سری شیل‌های صفحه‌ای سبز، ماسه سنگ‌های آهن‌دار و شیل‌های سیلتي با تناوبی از آهک‌های ماسه‌ای و ماسه سنگ‌های لایه نازک با آثار ریپل مارک ادامه پیدا

می‌کند. ضخامت این نهشته‌ها ۳۹۱ متر بوده که به صورت تدریجی روی نهشته‌های اردوویسین (سازند شیرگشت) قرار گرفته است.

دونین

رسوبات دونین در این ناحیه از سه رخساره سنگی مختلف تشکیل شده است. قسمت پایینی از ماسه سنگ‌های کوارتزیتی قرمز و خاکستری رنگ با آثار ریپل مارک و چینه‌بندی مورب و دولومیت تشکیل شده است. قسمت فوقانی این ماسه سنگ‌ها توسط افقی از گچ به ضخامت ۲۰ متر پوشیده می‌شود. ضخامت کلی این رسوبات حدود ۲۸۰ متر است. چگونگی ارتباط آن با سازندهای زیرین به علت تکتونیک شدید مشخص نیست. قسمت بالائی آن توسط دولومیت‌های خاکستری تیره پوشیده می‌شود که این نهشته‌ها را می‌توان با سازند بهرام مقایسه نمود که بر اساس فسیل‌های یافت شده در آن سن دونین میانی تا بالایی را برای آن در نظر می‌گیرند.

ژوراسیک

رسوبات ژوراسیک شامل ۴۰۰ متر آهک، شیل، مارن‌های سیاه رنگ و آهک ماسه‌ای به رنگ قهوه‌ای و خاکستری و گاهی ائولیتی است که بر اساس میکروفسیل‌های یافت شده در آن سن ژوراسیک بالایی را به آن نسبت می‌دهند. در شمال آبادی رزگروی واحد فوق آهک کرم رنگی با باندهای چرت سفید قرار می‌گیرد که فاقد هرگونه فسیل است (روستای رزگ در ۱۰ کیلومتری شمال غرب شهر بایگ واقع شده است). قسمت فوقانی رسوبات ژوراسیک به طور دگرشیب با آهک و کنگلومرای کرتاسه پوشیده می‌شود.

کرتاسه

کرتاسه در محدوده مطالعاتی ازغند با کنگلومرای قرمز شروع می‌شود. ضخامت این کنگلومرا کم و حدود ۵۰ متر است و در بعضی نقاط کاملاً حذف شده و آهک ماسه‌ای قرمز رنگی جایگزین آن شده است. عناصر کنگلومرا بیشتر از ماسه سنگ‌های قدیمی و آهک‌های پالئوزوئیک و خوب گردشده،

تشکیل شده است. آهک‌های اربیتولین دار کرتاسه پائین روی این کنگلومرا قرار گرفته و بر اساس فسیل‌های یافت شده سنی معادل آپسین-آلبین دارد.

سنگ‌های افیولیتی

مجموعه سنگ‌های افیولیتی در شمال ناحیه در طول گسلی با امتداد شرقی-غربی رخنمون دارند و از ناحیه شرقی با سنگ‌های ناحیه تربت‌حیدریه در ارتباط هستند. عمده‌ترین سنگ‌هایی که رخنمون دارند شامل هارزبورژیت، دیاباز، سرپانتینیت همراه با آهک‌های پلاژیک و رادولاریت می‌باشند. در داخل این مجموعه آهک‌های کریستالیزه نیز دیده می‌شود.

ترشیری

بخش وسیعی از منطقه را رسوبات آذر آواری مخصوصاً ولکانیکی ترشیری تشکیل داده است. ترشیری در این ناحیه با فعالیت‌های آتشفشانی آغاز می‌گردد و متناوباً گدازه آندزیتی و توف روی هم انباشته می‌شود. این فعالیت‌ها عمدتاً مربوط به جنبش‌های لارامید می‌باشد.

فعالیت‌های ولکانیکی با توف خاکستری تیره و گاه ایگنمبریتی آغاز می‌گردد که توسط گدازه‌های سیاه رنگ با ترکیب آندزیتی همراه می‌گردند. روی این واحد ضخامت زیادی توف‌های برشی سفید رنگ، برش‌های ولکانیکی، توف‌های ماسه‌ای خاکستری رنگ و ایگنمبریت و لاپیلی توف قرار می‌گیرد. همزمان با فعالیت توفی، گدازه‌هایی با ترکیب آندزیتی وجود دارد که توسط همان واحد پوشیده می‌شود. این گدازه‌ها دارای بافت پرفیری و حاوی بلورهای پلاژیوکلاز به صورت ایدیومورف تا هیپ-یدیومورف با ترکیب متوسط که گاهی به کلریت، سریسیت و اپیدوت تجزیه شده است، هستند. زمینه این سنگ‌ها از بلورهای کوچک فلدسپات که سریسیتی شده‌اند تشکیل شده است.

در جنوب آبادی حصار واقع در شمال غرب محدوده مطالعاتی ازغند، کنگلومرا به طور هم‌شیب روی مجموعه فوق قرار گرفته است. در پایین‌ترین بخش این سنگ‌ها لایه توفی حاوی فسیل نومولیت مشاهده می‌شود که سنی برابر ائوسن میانی را برای این قسمت مشخص می‌نماید. لایه‌های آهکی که ندرتاً در داخل این سنگ‌ها دیده می‌شود محتوی میکرو فسیل‌هایی است که سنی معادل ائوسن پائین

تا میانی را دارند. در شمال شرقی کوه علی شیر واقع در شمال آبادی چنار، روی واحدهای توفی سنگ-های تراکی آندزیتی با بافت پرفیری و فنوکریست‌های پلاژیوکلاز با ترکیب متوسط و آمفیبول که عموماً به بیوتیت و کلریت تجزیه شده‌اند، قرار گرفته است. زمینه این سنگ‌ها از پلاژیوکلاز و کمی کوارتز و فلدسپات آلکالن و کانی‌های ثانویه مانند کلریت و اکسیدهای فلزی تشکیل یافته است. آخرین محصول فعالیت‌های آتشفشانی مربوط به این زمان پیروکسن آندزیت-آلکالی بازال، تراکی آندزیت‌های شمال آبادی خوشدره (روستای خوشدره در شامل شرق آبخوان مورد مطالعه واقع شده است) در شرق ناحیه می‌باشد. در این سنگ‌ها کانی‌هایی چون الیون و پیروکسن یافت می‌شود. رخساره ائوسن در شمال شرق منطقه با کنگلومرای خاکستری روشن با عناصر آهکی کرتاسه و گاهی آندزیت شروع می‌شود. این کنگلومرا توسط ضخامت زیادی از توف سبز با ادخال‌هایی از لایه‌های آهکی و مارنی پوشیده می‌شود. بر اساس فسیل‌های یافت شده در توف‌های سبز، سن این واحد را ائوسن میانی در نظر می‌گیرند.

الیگوسن

در مرکز ناحیه مورد مطالعه در امتداد گسل درونه، سنگ‌های رسوبی مختلفی شامل رسوبات تبخیری، سنگ‌های کربناته و تخریبی دیده می‌شود که به صورت دگرشیب رسوبات قدیمی‌تر را می‌پوشاند و اغلب به واسطه گسل در مجاورت واحدهای ولکانیکی ائوسن قرار می‌گیرد. در این رسوبات فسیل شاخص یافت نشده ولی به علت تشابه لیتولوژی با آنچه در نواحی مجاور (رشتخوار و...) مشاهده می‌گردد، می‌توان سن آن را الیگوسن در نظر گرفت. قسمت زیرین رسوبات در شمال آبادی زرمهر کنگلومرائی به رنگ تیره است که عناصر این کنگلومرا از ولکانیک‌های ائوسن تشکیل شده است. قسمت بالای کنگلومرا دانه ریزتر شده و به ماسه سنگ‌های سبز روشن با آثار چینه بندی متقاطع و ریپل مارک، مارن، شیل و سیلت تبدیل می‌گردد.

نئوژن

نهشته‌های متعلق به نئوژن بیشتر در جنوب ناحیه گسترش دارد و با یک کنگلومرای قهوه‌ای رنگ شروع می‌گردد. عناصر آن از آهک‌های سیاه دونین، دولومیت و آهک‌های سفید به سن کرتاسه و ندرتاً سنگ‌های ولکانیکی تشکیل شده است. ابعاد عناصر کنگلومرا از سانتی‌متر تا یک متر متغیر بوده و از گرد شدگی خوبی برخوردار هستند. این کنگلومرا دارای سیمان آهکی است. در جنوب کوه گمبی - کوه گمبی در حد مرز جنوب غربی دشت ازغند و در مجاورت دشت مه‌ولات واقع شده است - واحد تخریبی دیگری دیده می‌شود که از تناوب لایه‌های مارن، سیلت و کنگلومرا تشکیل شده است. روی واحد رسوبی مذکور ضخامت زیادی از ماسه سنگ‌های قرمز، سیلت، مارن‌های گچ‌دار با ادخال‌هایی از کنگلومرا قرار می‌گیرد که به طرف بالا مقدار گچ و مارن کم شده و به سیلت و ماسه سنگ‌های قرمز و کمی مارن تبدیل می‌گردد.

کواترنر

گدازه‌های بازالتی پیروکسن و الیوین‌دار (فعالیت‌های آتشفشانی اواخر نئوژن و اوایل دوره کواترنر) با به جا گذاشتن ضخامتی از لاهار شروع و ناحیه نسبتاً وسیعی در منطقه را اشغال می‌کند. در ادامه این فعالیت‌ها مقادیر قابل ملاحظه‌ای گدازه‌های بازالتی سیاه رنگ روی آن جریان پیدا می‌کند. این سنگ‌ها دارای ساخت ستونی هستند. نهشته‌های رسوبی دوره کواترنر در شمال آبادی حصار و نامق (روستای نامق و حصار هم‌جوار یکدیگر بوده و در شمال غرب دشت ازغند واقع شده‌اند) از یک کنگلومرای نسبتاً متراکم با عناصر آتشفشانی و آهک کرتاسه و ژوراسیک تشکیل شده است. در این کنگلومرا گاهی ادخال‌هایی از ماسه سنگ و ندرتاً مارن دیده می‌شود. در نواحی جنوب شرقی محدوده مورد مطالعه این نهشته‌ها از مارن تشکیل شده‌اند (Q_{plc1}) که با شییبی ملایم واحدهای رسوبی نئوژن را می‌پوشاند. از رسوبات دیگر دوره کواترنری تراس‌های قدیمی (Q_{t1})، دشت‌های آبرفتی (Q_{t2})، نهشته‌های Q_c و رسوبات سیلابی (Q_{al}) است.

۴-۱-۴- زمین ساخت (تکتونیک)

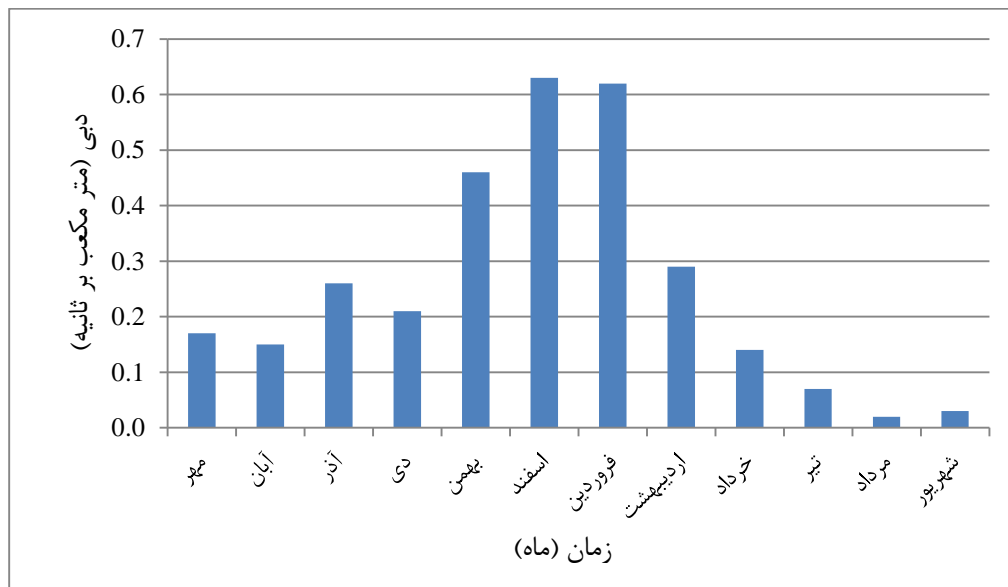
در منطقه مورد مطالعه، حرکت گسل‌ها در بوجود آمدن حوضه‌های رسوبی و تغییرات رخساره سنگ‌ها نقش مهمی را ایفا نموده‌اند. گسل‌های موجود در ناحیه ازغند اکثراً جهت شرقی-غربی دارند. گسل شمال کوه‌های کمر واقع در شمال آبادی فرشه در واقع جدا کننده زون افیولتی از سنگ‌های غیر افیولیتی است. این گسل به طرف غرب توسط نهشته‌های جوان پوشیده می‌شود و به طرف شرق به زون افیولیتی تربت‌حیدریه متصل می‌شود. گسل درونه که از مرکز ناحیه عبور می‌کند، با طول تقریبی ۷۰۰ کیلومتر و راستای شرقی-غربی، از نوع امتداد لغز چپگرد بوده و شاخه‌های فرعی آن با روند تقریبی شمال‌غرب-جنوب‌شرق باعث جابجایی آبراهه‌ها و خرد شدگی واحدهای سنگی گردیده است. این گسل از نوع فعال بوده که اثر فعالیت‌های جدید آن را می‌توان در نهشته‌های جوان (Qt_1) مشاهده نمود. سیستم گسل درونه از مجموعه گسل‌های کم و بیش موازی تشکیل شده است. بخش شمالی این گسل بالا آمده و عموماً از سنگ‌های ولکانیکی و آذر آواری ترسیر تشکیل شده است که روی نهشته‌های ژوراسیک و کرتاسه قرار گرفته‌اند. در بخش جنوبی گسل درونه حوضه رسوبی الیگوسن و میوسن گسترش داشته که بیشتر بین دو گسل درونه و گسل کوه فغان و گمبی در جنوب محصور شده‌اند. در آن زمان فرورفتگی کم عمقی در بین دو گسل وجود داشته و پیوسته توسط دو گسل در کنترل بوده است و مواد تخریبی حاصل از فرسایش سنگ‌های قدیمی‌تر به وسیله سیلاب‌ها حمل و در این حوضه رسوب نموده‌اند (آبخوان مورد مطالعه در این محدوده واقع شده است). این نهشته‌ها دارای چین‌خوردگی ملایمی بوده و محور چین‌ها در جهت جنوب شرق-شمال غرب بوجود آمده‌اند. علاوه بر گسل‌های مذکور، شکستگی‌های دیگری نیز هم‌جهت با گسل‌های اصلی و تعداد زیادی گسل عمود بر این گسل‌ها (در اثر فعالیت گسل‌های اصلی) ایجاد شده‌اند و سازندهای مختلف موجود در منطقه را گسلیده‌اند. در تمامی طول پالئوزوئیک هیچ‌گونه دگرشیبی زاویه‌ای که توأم با چین‌خوردگی باشد مشاهده نمی‌گردد. رسوبات ژوراسیک بالا در شمال شرق ناحیه از نهشته‌های کربناته و شیلی تشکیل شده و در فاز کوهزایی کیمرین پسین چین‌خورده و قبل از رسوب‌گذاری کرتاسه پایین تحت تأثیر

فرسایش قرار گرفته است. این فاز کوهزایی با یک دگرشیبی مشخص بین نهشته‌های ژوراسیک بالا و کرتاسه پایین مشخص می‌گردد. با تغییر رژیم رسوب‌گذاری دریای کرتاسه، آهک اربیتولین دار کرتاسه پایین که نمایانگر دریای کم عمق در این زمان بود، روی کنگلومرای فوق رسوب می‌نماید. در شمال ناحیه سنگ‌های افیولیتی همراه با رادیولاریت و آهک پلاژیک، سنی معادل کامپانین را دارا هستند. این سنگ‌ها احتمالاً نشانگر بازشدگی در این زمان و غسل‌های شمالی کمر استوم واقع در ضلع شمالی آبادی رودمعجن، خط جدایش دو بلوک موجود در دو طرف این غسل است. رسوبات مزوزوئیک در فاز لارامید چین خورده و شکسته می‌شوند و تحت تأثیر هوازگی قرار می‌گیرد. در شمال غسل درونه همانند سایر نقاط ایران یک ناپیوستگی وجود داشته که پی‌آمد فعالیت‌های بسیار شدید آتشفشانی است. به دنبال فعالیت شدید ولکانیکی نفوذ توده‌های عظیم گرانودیوریتی و دیوریتی در سنگ‌های ائوسن بیانگر حرکات تکتونیکی در زمان ائوسن پسین یا الیگوسن پیشین است. بعد از این حرکات، در جنوب ناحیه حوضه کم عمقی بوجود آمده که نهشته‌های تخریبی الیگوسن و هم‌چنین میوسن در آن رسوبگذاری نموده است. این رسوبات در فاز چین خوردگی آلپی میانی چین خورده‌اند. موقعیت جغرافیایی آبادی‌های اشاره شده در این بخش قبلاً در شکل ۱-۱ آورده شده است.

۱-۵- هیدرولوژی منطقه

منطقه مورد مطالعه فاقد جریان آب سطحی دائمی می‌باشد. تنها رودخانه فصلی منطقه که دارای ایستگاه هیدرومتری نیز می‌باشد، رودخانه فصلی ازغند است (در شکل ۱-۷، دو شاخه رودخانه ازغند شامل کال خشک و کال خالصه نشان داده شده است). آمار ایستگاه مذکور از سال ۱۳۶۷ تا پایان سال آبی ۹۴-۹۵ در دسترس می‌باشد. حقابه‌بران رودخانه ازغند شامل کشاورزان روستای حصار در شمال غرب دشت ازغند، روستای دوغ‌آباد در شمال دشت مه‌ولات و روستای ازغند در قسمت میانی آبخوان ازغند می‌باشند. تمامی آب مذکور جهت مصارف کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد و فقط یک سوم حقابه رودخانه در محاسبات بیلان آبخوان ازغند منظور می‌شود (دو سوم دیگر حقابه رودخانه توسط حقابه‌بران در خارج از محدوده آبخوان ازغند به مصارف کشاورزی می‌رسد). آبدهی

رودخانه از تیرماه به شدت کاهش یافته و بیشترین آورد آن نیز از بهمن تا اردیبهشت هر سال می‌باشد. متوسط دبی رودخانه بر اساس آمار سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۵ در شکل ۱-۸ نشان داده شده است.



شکل ۱-۸- متوسط دبی رودخانه فصلی ازغند در سال‌های ۹۵-۷۶

۱-۶- هیدروژئولوژی

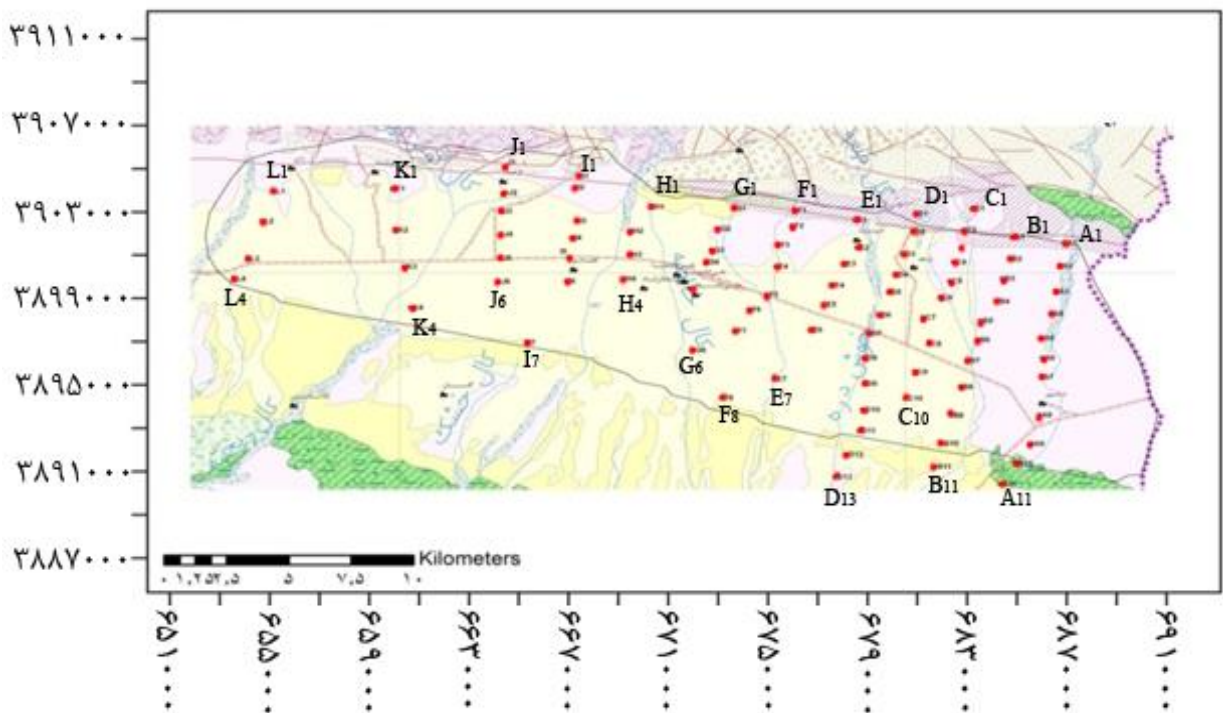
محدوده مطالعاتی ازغند از زیرحوضه‌های حوضه آبریز کویر مرکزی می‌باشد که در جنوب‌شرقی آن واقع شده و مرز شرقی آن با حوضه آبریز نمکزار خواف هم‌جوار است. آبخوان آبرفتی این محدوده با وسعت ۲۸۹ کیلومترمربع بوده که در بخش میانی آن واقع شده است.

۱-۶-۱- بررسی‌های اکتشافی

الف- مطالعات ژئوفیزیک محدوده مطالعاتی ازغند

در سال ۱۳۵۰ تعداد ۳۴ سونداژ توسط شرکت ست‌کوپ، در سال ۱۳۸۱ تعداد ۷۷ سونداژ ژئوالکتریک توسط شرکت آب‌کاو شرق و در سال ۱۳۸۷ تعداد ۲۰ سونداژ توسط شرکت صمان کاو در محدوده مطالعاتی دشت ازغند انجام شده است. با استفاده از نتایج حاصله تعداد ۱۲ پروفیل (پروفیل A-A' تا

L-L' با امتداد کلی شمالی-جنوبی تهیه گردیده است. مقاطع ژئوفیزیک و توضیحات مربوط به آن از گزارش «مطالعات مرحله اول ایجاد و برقراری سامانه بیلان‌بندی، پشتیبانی و تصمیم‌گیری محدوده مطالعاتی دشت مه‌ولات و ازغند (۱۳۹۰)» (مهندسین مشاور هیدروتک توس، ۱۳۹۰) گرفته شده است. موقعیت سونداژها در شکل ۱-۹ آورده شده است.



شکل ۱-۹- موقعیت مقاطع ژئوالکتریک دشت ازغند

مقطع A-A'

این مقطع شامل ۱۱ سونداژ می‌باشد و دارای روند کلی شمالی-جنوبی است. رسوبات آبرفتی در این مقطع بیشتر از قلوه‌سنگ و خاک و شن تشکیل شده است. هم‌چنین با بررسی این مقطع مشخص شد که گسل درونه از بین سونداژهای شمالی مقطع عبور کرده است. ضخامت رسوبات آبرفتی در این مقطع بین ۴۰ تا ۱۳۰ متر متغیر می‌باشد. جنس سنگ کف در این مقطع در قسمت شمالی دشت بیشتر از تشکیلات کنگلومرایی و ماسه‌سنگ و در قسمت جنوبی دشت از رسوبات رسی و مارنی می‌باشد.

مقطع B'-B

امتداد این مقطع تقریباً "شمالی - جنوبی و شامل ۱۱ سونداژ می‌باشد. رسوبات آبرفتی در این مقطع بیشتر شامل قلوه‌سنگ و شن می‌باشد. ضخامت این رسوبات بین ۶۰ تا ۲۱۵ متر متغیر می‌باشد. تغییرات ضخامت رسوبات آبرفتی در این مقطع به دلیل عملکرد گسلی است که از بین سونداژهای شمالی و همچنین جنوبی عبور کرده است. جنس سنگ کف در این مقطع نیز بیشتر از کنگلومرا - ماسه سنگ و رس می‌باشد.

مقطع C'-C

امتداد این مقطع نیز تقریباً "شمالی - جنوبی و شامل ۱۰ سونداژ می‌باشد. رسوبات آبرفتی در این مقطع نیز شامل شن و قلوه‌سنگ - شن و خاک و رس و قلوه‌سنگ می‌باشد. ضخامت این رسوبات در طول پروفیل بین ۱۰ تا ۱۶۰ متر متغیر می‌باشد.

عملکرد گسل درون در این مقطع نیز مشهود بوده و آثار آن را می‌توان در حد بین سونداژهای شمالی مشاهده نمود که باعث تغییراتی در ضخامت رسوبات آبرفتی در دو طرف گسل شده است. جنس سنگ کف در این مقطع نیز بیشتر از رسوبات کنگلومرائی، ماسه سنگ و مارن می‌باشد.

مقطع D'-D

امتداد این مقطع نیز مانند مقاطع قبلی دارای روند شمالی - جنوبی است و شامل ۱۳ سونداژ می‌باشد. رسوبات آبرفتی در این مقطع نیز از سمت شمال به سمت جنوب ریزدانه‌تر شده و از رسوبات گراول، قلوه‌سنگ و خاک و شن تشکیل شده است. ضخامت این رسوبات بین ۱۰ تا ۱۴۵ متر متغیر می‌باشد. گسل درون نیز در این مقطع قابل مشاهده می‌باشد که از بین سونداژهای شمالی عبور نموده و باعث تغییراتی در عمق سنگ کف و جنس آن گردیده است. سنگ کف در این مقطع در قسمت شمالی و قبل از گسل درون از جنس آذرین و بعد از گسل درون بیشتر از جنس کنگلومرا و ماسه سنگ است که به سمت جنوب مقطع به رسوبات رس و مارن تبدیل می‌گردد.

مقطع E'-E

امتداد این مقطع نیز تقریباً شمالی - جنوبی و شامل ۷ سونداژ می‌باشد. رسوبات آبرفتی در این مقطع نیز بیشتر شامل قلوه‌سنگ، شن و گراول می‌باشد. ضخامت این رسوبات در طول مقطع متغیر بوده و بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ متر تغییر می‌نماید. گسل درونه نیز در این مقطع از بین سونداژهای شماره شمالی عبور کرده و قابل مشاهده می‌باشد. سنگ کف در این مقطع نیز بیشتر از رسوبات کنگلومرا و ماسه سنگ تشکیل شده است.

مقطع F'-F

این مقطع شامل ۸ سونداژ می‌باشد. رسوبات آبرفتی در این مقطع از سمت شمال به جنوب ریزدانه‌تر شده و از قلوه‌سنگ و شن و خاک تشکیل شده است که ضخامت آن بین ۶۰ تا ۱۹۵ متر متغیر می‌باشد. سنگ کف در این مقطع نیز مشابه مقاطع قبلی عمدتاً از رسوبات کنگلومرائی، ماسه سنگ و رس می‌باشند.

مقطع G'-G

امتداد این مقطع تقریباً شمالی - جنوبی است و شامل ۶ سونداژ می‌باشد. رسوبات آبرفتی بیشتر از گراول قلوه‌سنگ و شن تشکیل شده و ضخامت آن بین ۱۰۵ تا ۲۱۵ متر متغیر می‌باشد. گسل درونه که باعث تغییراتی در ضخامت رسوبات آبرفتی گردیده در روی مقطع نیز قابل مشاهده است. سنگ کف در این مقطع نیز مربوط به واحدهایی از نوع کنگلومرا - ماسه سنگ و مارن می‌باشد.

مقطع H'-H

امتداد این مقطع نیز تقریباً شمالی - جنوبی بوده و شامل ۴ سونداژ می‌باشد. چاه اکتشافی به نام سلطان‌آباد بر روی این مقطع قابل مشاهده است. این چاه در سال ۱۳۵۵ حفر گردیده که عمق آن ۲۵۰ متر می‌باشد. براساس نتایج به دست آمده قشر سطحی در این مقطع دانه درشت بوده و از گراول و قلوه‌سنگ تشکیل شده است. رسوبات آبرفتی در این مقطع دانه درشت بوده و بیشتر از گراول و قلوه‌سنگ تشکیل شده است که ضخامت آن بین ۱۰۵ تا ۱۷۵ متر متغیر می‌باشد. سنگ کف نیز در این مقطع به سمت جنوب ریز دانه‌تر شده و از کنگلومرا و ماسه سنگ تشکیل شده است.

مقطع I-I

امتداد این مقطع نیز مانند مقاطع قبلی تقریباً شمالی - جنوبی است و شامل ۷ سونداژ می‌باشد. رسوبات آبرفتی در این مقطع شامل سه لایه است و از گراول - قلوه‌سنگ، قلوه‌سنگ و شن تشکیل شده است. ضخامت این رسوبات بین ۱۰ تا ۲۰۰ متر متغیر می‌باشد. عملکرد گسل درونه که از بین سونداژهای شماره شمالی عبور کرده باعث تغییر در ضخامت رسوبات آبرفتی و جنس سنگ کف گردیده است. جنس سنگ کف قبل از شمالی‌ترین سونداژ از نوع رسوبات آذرین و بعد از عملکرد گسل از رسوبات کنگلومرانی که به سمت جنوب ریزدانه‌تر شده و تبدیل به ماسه سنگ شده‌اند، تشکیل شده است.

مقطع J-J

این مقطع شامل ۶ سونداژ می‌باشد. پیژومتر از غند با عمق ۱۵۰ متر بر روی این مقطع قابل مشاهده است. قشر سطحی در این مقطع درشت دانه بوده که به سمت جنوب دشت ریز دانه‌تر شده و خشک می‌باشد. رسوبات آبرفتی در این مقطع شامل سه لایه است و بیشتر از رسوباتی مانند گراول، قلوه‌سنگ و شن تشکیل شده است. گسل درونه که باعث تغییر در ضخامت رسوبات آبرفتی بین ۳۵ تا ۲۰۵ متر گردیده، در روی این مقطع قابل مشاهده است. جنس سنگ کف در قسمت شمالی دشت از توف و در قسمت میانی و جنوبی دشت از کنگلومرا و سنگ می‌باشد.

مقطع L-L

امتداد این مقطع نیز مانند مقاطع قبلی تقریباً شمالی - جنوبی است و شامل ۴ سونداژ می‌باشد. این مقطع نیز توسط شرکت ست کوپ تهیه شده است که با توجه به ستون زمین‌شناسی تهیه شده قشر سطحی در این مقطع نیز درشت دانه و خشک می‌باشد. رسوبات آبرفتی در این مقطع شامل چهار لایه بوده که شامل گراول - قلوه‌سنگ، قلوه‌سنگ و شن و خاک و شن است. ضخامت این رسوبات نیز بین ۵۵ تا ۲۶۵ متر متغیر بوده و سنگ کف نیز در قسمت شمالی دشت از رسوبات کنگلومرانی و ماسه سنگ و در قسمت جنوب دشت ریزدانه شده و به رسوبات مارنی تبدیل می‌گردد.

به طور کلی تغییرات عمق برخورد به سنگ کف در سطح دشت متغیر بوده و از حداقل حدود کمتر از ۵۰ متر تا حداکثر ۳۰۵ متر تغییر می‌کند که کمترین ضخامت رسوبات آبرفتی در محدوده دامنه‌های شمالی (نواحی شمالی گسل درونه) و بیشترین مقادیر آنها در ضلع جنوبی گسل درونه و نواحی غربی دشت مشاهده می‌گردد. تغییرات ضخامت رسوبات آبرفتی در نواحی شمالی دشت را می‌توان به عملکرد گسل درونه نسبت داد که باعث تغییرات عمق سنگ کف در طرفین گسل گردیده است. در حاشیه ارتفاعات جنوبی مجدداً به دلیل بالا آمدن سنگ کف، از ضخامت رسوبات کاسته شده و به کمتر از ۵۰ متر در این نواحی می‌رسد.

ب- حفاری‌های اکتشافی و مشاهده‌ای

در محدوده مطالعاتی ازغند تاکنون یک حلقه چاه اکتشافی (چاه اکتشافی سلطان‌آباد) با عمق ۲۵۰ متر حفر شده است. سال حفر این چاه ۱۳۵۵ می‌باشد. علاوه بر آن، حفاری‌های صورت گرفته در محدوده مطالعاتی ازغند شامل شش حلقه چاه پیژومتری است که مشخصات آنها در جدول (۱-۱) آورده شده است.

جدول ۱-۱- مشخصات پیژومترهای حفر شده در محدوده مطالعاتی ازغند

نام پیژومتر	UTM X	UTM Y	ارتفاع مطلق (متر)
سلطان‌آباد	۶۶۸۳۷۶	۳۸۹۹۲۱۵	۱۲۵۸
گلستان	۶۶۳۸۱۲	۳۹۰۰۴۱۱	۱۲۱۹
خوشدره	۶۷۵۹۲۰	۳۸۹۶۸۷۵	۱۲۰۴
زرمهر	۶۸۱۸۷۲	۳۸۹۹۷۹۵	۱۲۶۶
شادمهر	۶۸۶۶۰۲	۳۸۹۵۹۶۵	۱۲۳۵
چنار	۶۷۲۷۹۶	۳۹۰۰۵۴۱	۱۲۵۹
نای	۶۵۷۲۰۲	۳۹۰۰۳۶۴	۱۱۸۶

۶-۱-۲- آزمایشات پمپاژ

آزمایشات پمپاژ به منظور تعیین ضرایب و خصوصیات هیدرودینامیکی آبخوان آبرفتی انجام می‌شود. بررسی‌های صورت گرفته در محدوده مطالعاتی ازغند نشان می‌دهد که پنج آزمایش پمپاژ در یک

حلقه چاه اکتشافی و چهار حلقه چاه بهره‌برداری صورت گرفته است که مشخصات آنها در جدول ۱-۲ ارائه شده است. بر اساس نتایج، مقادیر قابلیت انتقال آبخوان از ۶۷۵ مترمربع در روز در چاه شادمهر تا ۲۷۶۴ مترمربع در روز در چاه سلطان‌آباد متغیر می‌باشد.

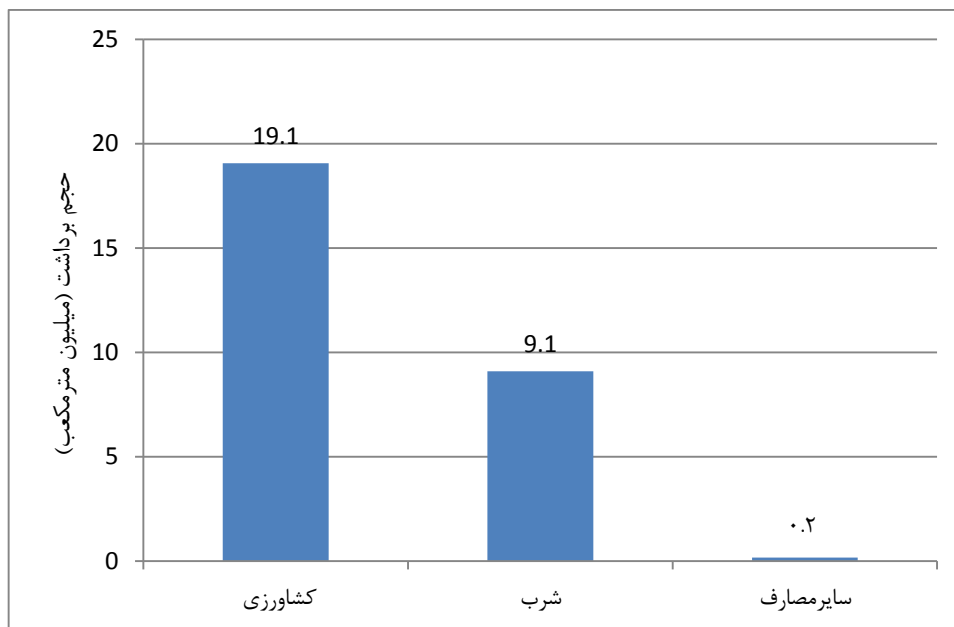
جدول ۱-۲- مشخصات چاه‌های واجد آزمایش پمپاژ و نتایج حاصل از آن

ردیف	نام محل	تاریخ آزمایش	آبدهی (لیتر بر ثانیه)	نوع آزمایش	قابلیت انتقال (مترمربع بر روز)	نوع چاه
۱	سلطان‌آباد	۱۳۵۵	۲۰	ژاکوب	۲۷۶۴	اکتشافی
۲	شادمهر	۱۳۵۵	۲۹/۹	ژاکوب	۶۷۵	بهره‌برداری
۳	خوشدره	۱۳۵۵	۲۶/۶	ژاکوب	۱۵۵۵	بهره‌برداری
۴	حوض سرخ	۱۳۵۵	۳۷/۳	تایس	۲۵۵۷	بهره‌برداری
۵	نای	۱۳۵۵	۳۴/۸	ژاکوب	۶۱۸	بهره‌برداری

۱-۳- بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی

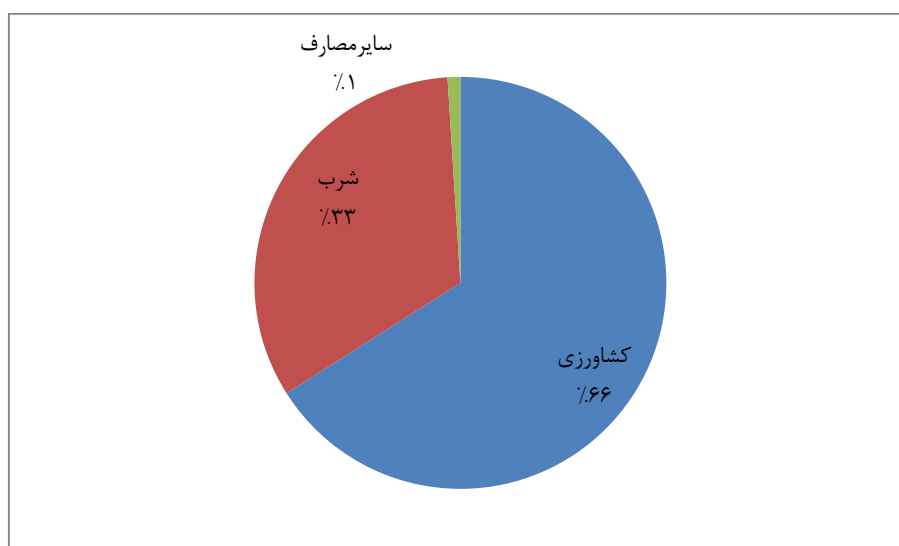
در آبخوان ازغند تعداد ۹۸ حلقه چاه عمیق موجود می‌باشد. بسیاری از قنات‌های منطقه یا خشک شده‌اند و یا به جای آن، چاه عمیق حفر شده است. در حال حاضر از قنات دایر منطقه، دو قنات اصلی علی‌آباد و سلطان‌آباد در مرکز آبخوان واقع شده‌اند که رودخانه فصلی ازغند منبع اصلی تامین آب قنات مذکور است.

حجم بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی در محدوده تیسن آبخوان ازغند، در شکل (۱-۱۰) ارائه شده است.



شکل ۱-۱۰ - حجم برداشت از منابع آب زیرزمینی آبخوان ازغند (سال آبی ۹۴-۹۵)

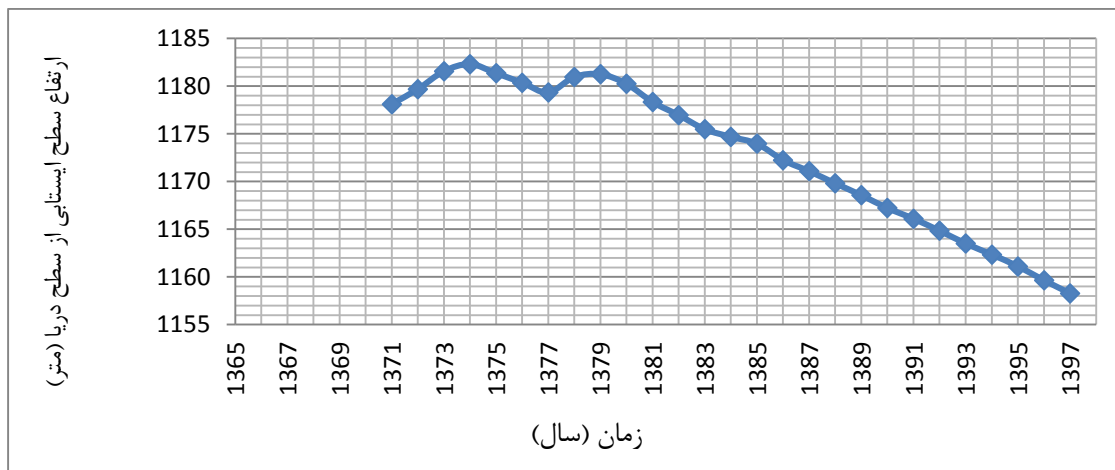
نوع مصارف آب زیرزمینی نیز در شکل ۱-۱۱ ارائه شده است. بر این اساس بیشترین حجم آب زیرزمینی به مصرف کشاورزی می‌رسد (حدود ۶۶٪). پس از آن مصرف شرب (حدود ۳۳٪) در رده دوم قرار و در نهایت مصارف صنعتی، دام و طیور و ... با حدود ۱٪ از کل برداشت در رده بعدی قرار می‌گیرند.



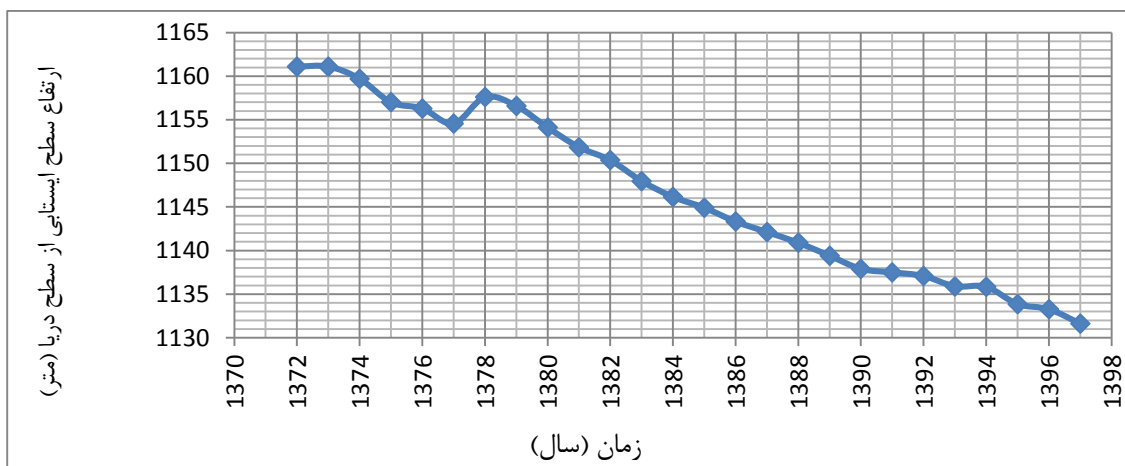
شکل ۱-۱۱ - نوع مصرف منابع آب زیرزمینی آبخوان ازغند در سال آبی ۹۴-۹۵

۴-۱-۶- نوسانات سطح ایستابی آبخوان ازغند

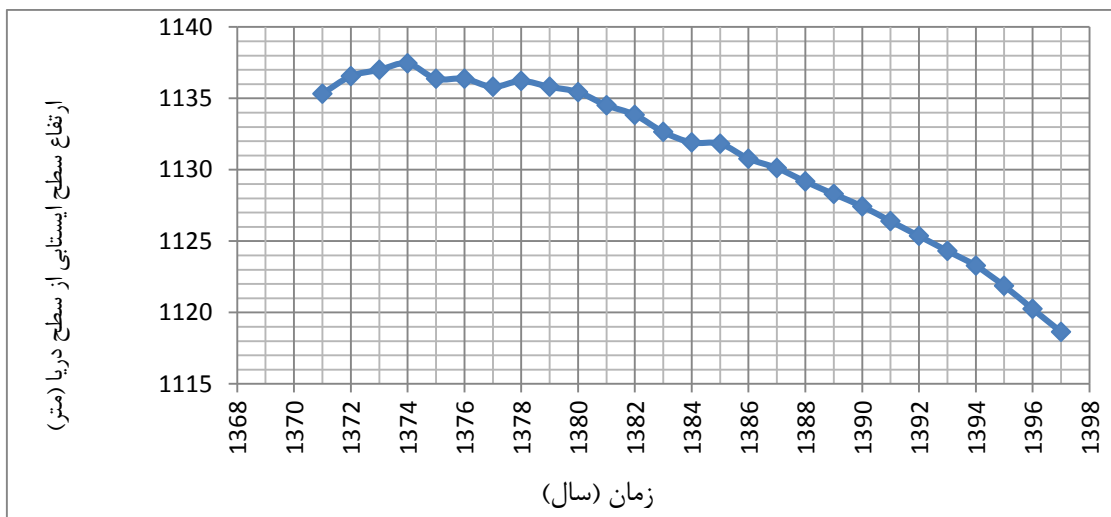
سطح آب زیرزمینی در آبخوان ازغند از سال آبی ۶۶-۱۳۶۵ در ۶ حلقه پیزومتر اندازه‌گیری شده است. در سال آبی ۷۷-۱۳۷۶ تعداد پیزومترهای آبخوان ازغند به ۷ حلقه افزایش یافت. همان‌طور که در تمامی پیزومترها قابل رویت است (شکل‌های ۱-۱۲ تا ۱-۱۸)، افت سطح آب زیرزمینی در سالیان اخیر دارای شیب تندتری شده است و قطعاً آبخوان مورد بحث در آینده با بحران جدی در این خصوص مواجه خواهد شد. کاهش بارندگی، کاهش منابع تغذیه‌کننده آبخوان و خصوصاً بهره‌برداری بیش از حد، از دلایل اصلی کاهش سطح آب زیرزمینی می‌باشد.



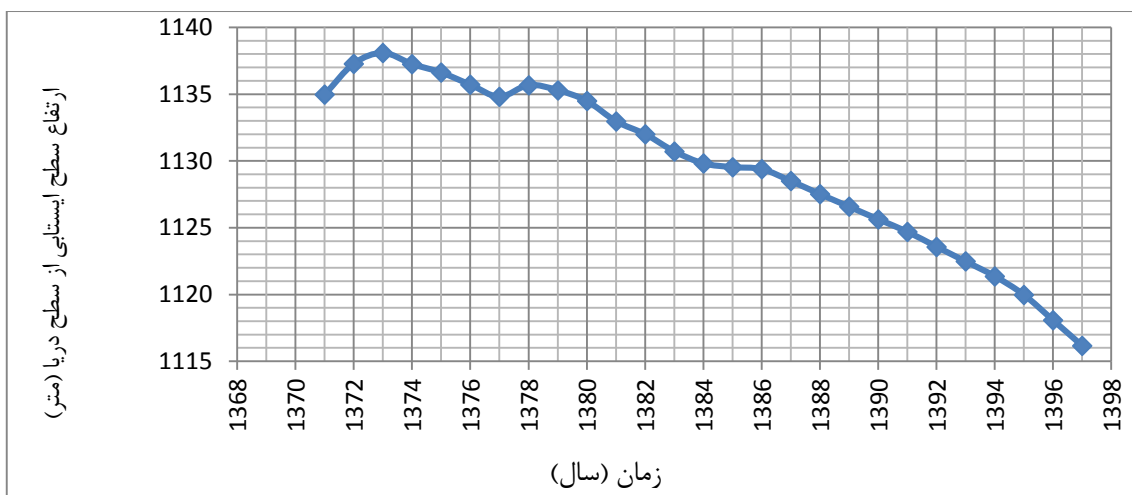
شکل ۱-۱۲- هیدروگراف پیزومتر زرمهر



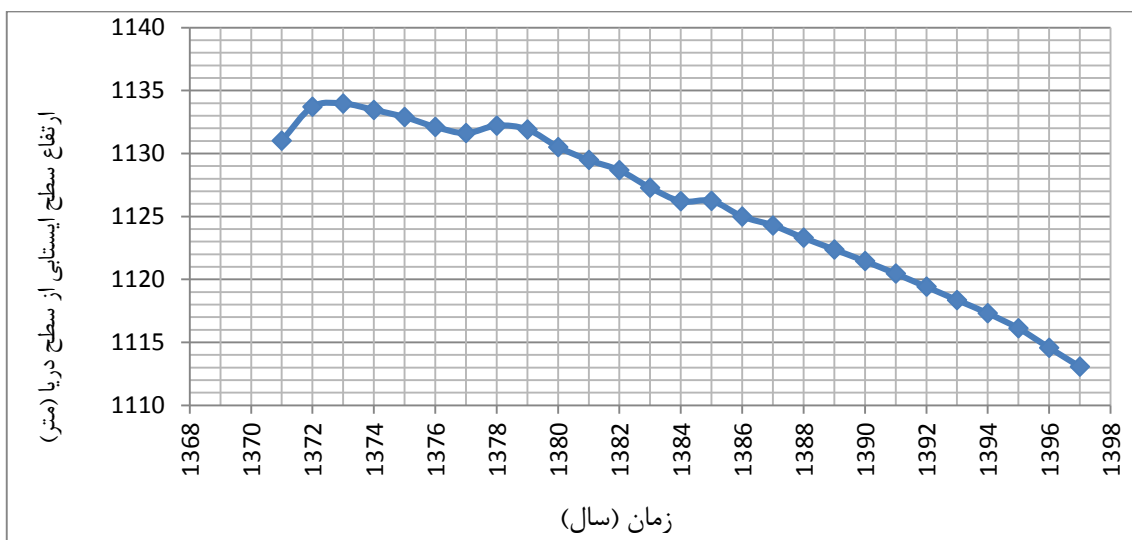
شکل ۱-۱۳- هیدروگراف پیزومتر شادمهر



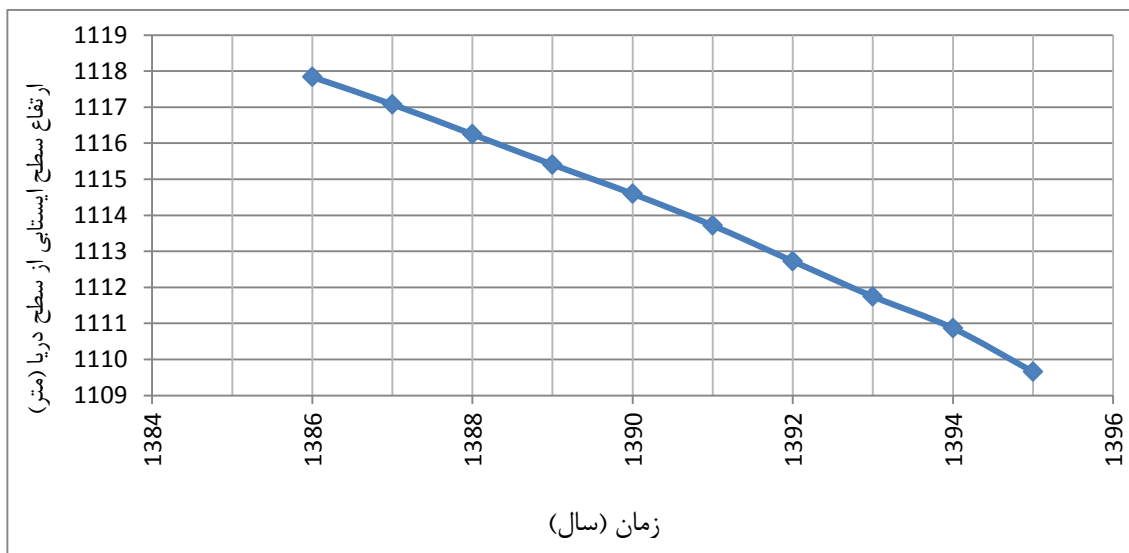
شکل ۱-۱۴- هیدروگراف پیزومتر خوشدره



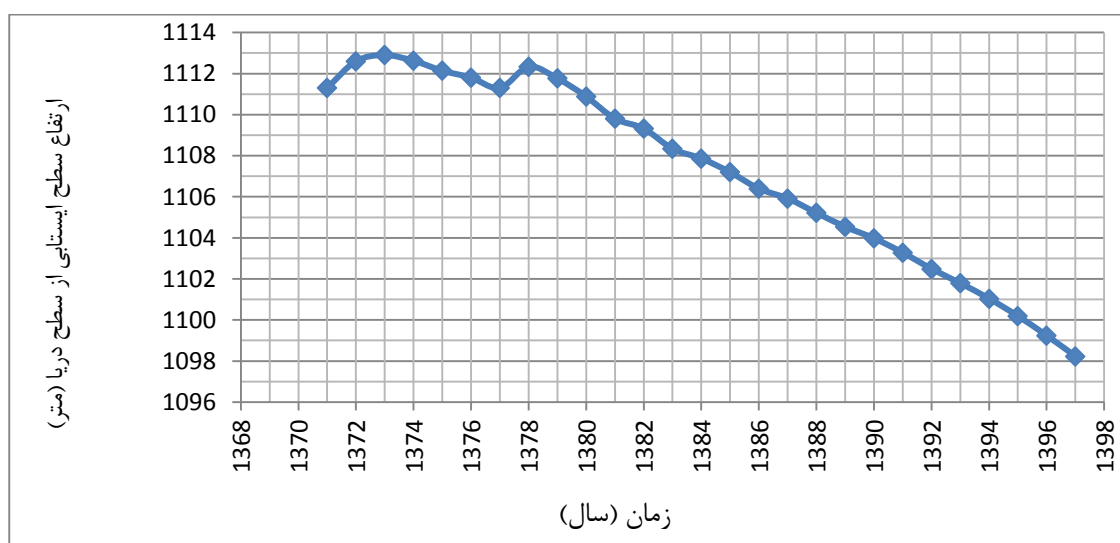
شکل ۱-۱۵- هیدروگراف پیزومتر چنار



شکل ۱-۱۶- هیدروگراف پیزومتر سلطان آباد



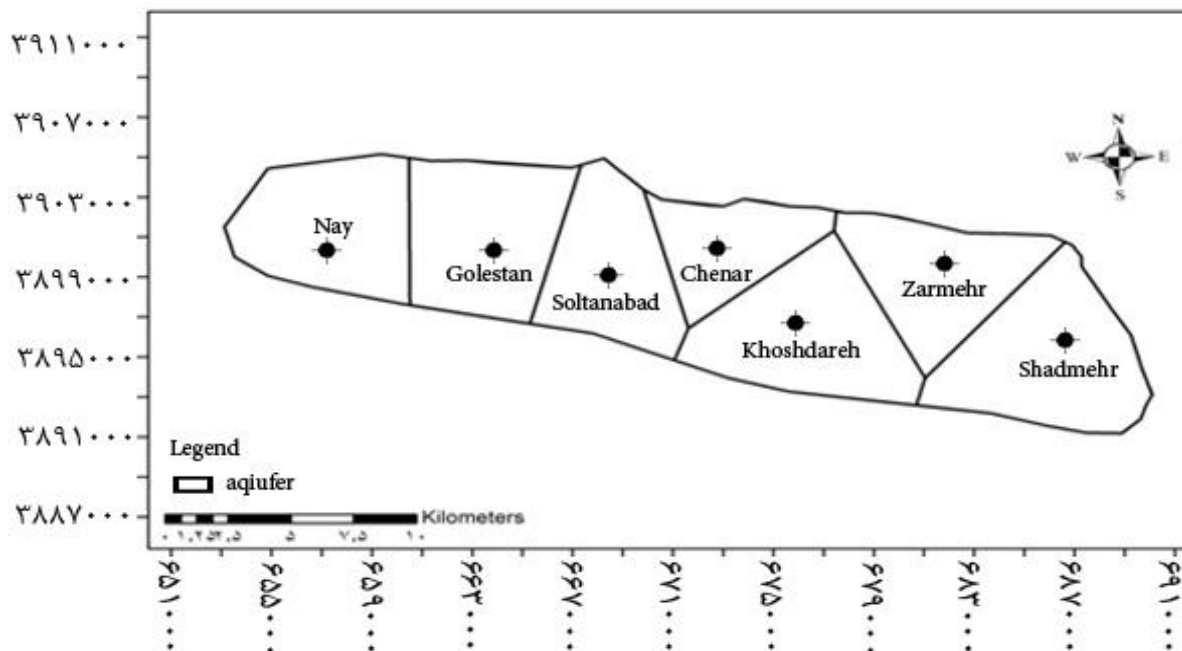
شکل ۱-۱۷- هیدروگراف پیزومتر گلستان



شکل ۱-۱۸- هیدروگراف پیزومتر نای

شبکه تیسن

جهت تهیه هیدروگراف معرف آبخوان، نیاز به تیسن بندی مساحت کل محدوده مورد مطالعه می باشد. در محدوده دشت ازغند، از آمار و اطلاعات ۷ حلقه چاه پیزومتری استفاده شد. پیزومترهای مورد اشاره به صورت تقریباً خطی در مرکز آبخوان حفر شده اند و مطابق شکل ۱-۱۹، چندضلعی های تیسن تهیه گردید.



شکل ۱-۱۹- شبکه تیسس آبخوان ازغند

مساحت کل آبخوان ازغند حدود ۲۸۹ کیلومتر مربع می‌باشد که مساحت هر تیسس در جدول ۱-۳ درج شده است.

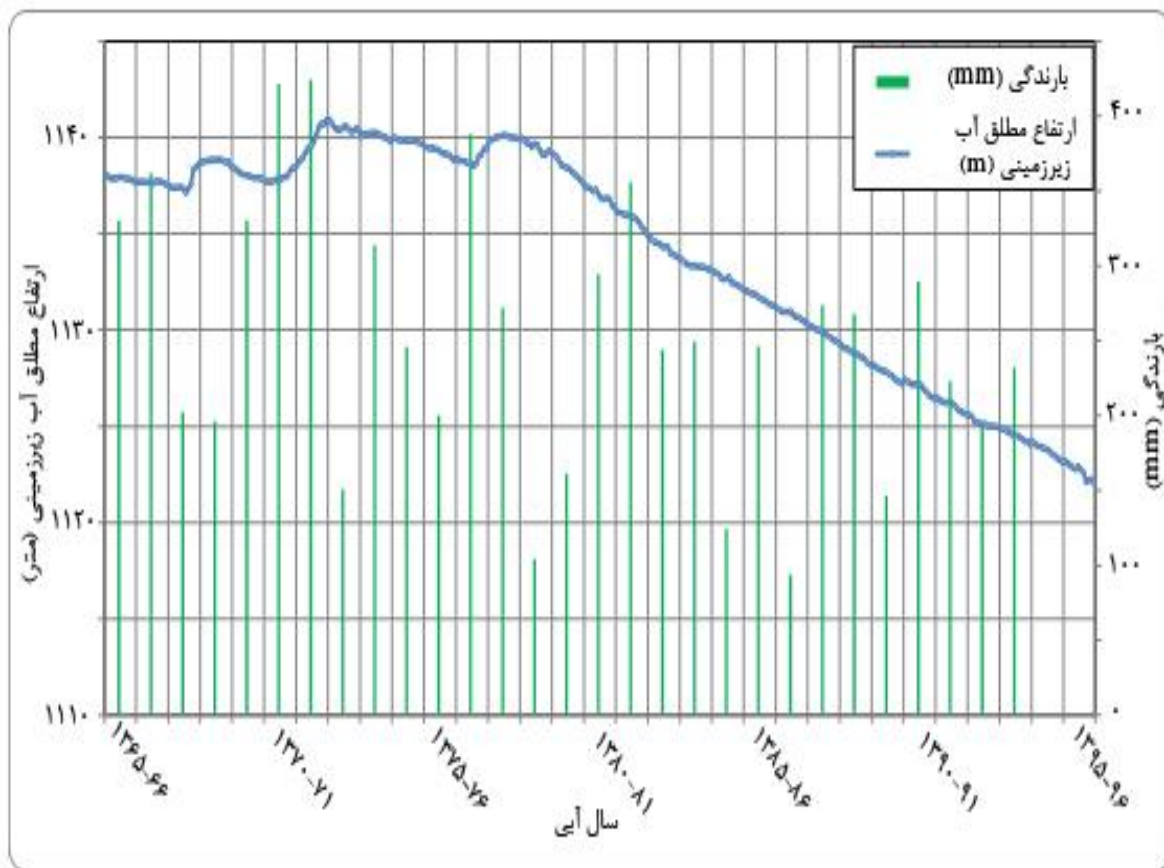
جدول ۱-۳- مساحت تیسس‌های آبخوان ازغند

نام پیزومتر	شادمهر	زرمهر	خوشدره	چنار	سلطان‌آباد	گلستان	نای
مساحت تیسس (km ²)	۵۱	۳۸	۵۰	۲۸	۳۷	۴۴	۴۱

هیدروگراف معرف آبخوان ازغند

هیدروگراف معرف ۳۰ ساله آبخوان ازغند نشان می‌دهد که روند عمومی ارتفاع سطح آب زیرزمینی در این آبخوان، کاهشی می‌باشد. به بیان دیگر در طول مدت ۳۰ سال اخیر، سطح آب زیرزمینی در آبخوان ازغند حدود ۱۵ متر افت داشته است. کاهش بارندگی، کاهش منابع تغذیه کننده آبخوان و خصوصاً بهره‌برداری بیش از حد، از دلایل اصلی کاهش سطح آب زیرزمینی آبخوان ازغند در سالیان گذشته بوده است.

بر اساس نتایج حاصل از تحلیل هیدروگراف معرف، نرخ افت سطح ایستابی در آبخوان حدود نیم متر در سال بوده است (دفتر مطالعات آب منطقه‌ای خراسان رضوی). از ابتدای دهه هشتاد تا کنون، افت سطح ایستابی آبخوان ازغند شیب افزایشی داشته و به طور متوسط حدود یک متر در سال کاهش سطح آب ذخایر زیرزمینی رخ داده است. مطلب قابل توجه این است که میزان بارندگی در مقایسه با سالیان قبل کاهش چشمگیری نداشته و به وضوح تاثیر منفی برداشتهای بی رویه از منابع آب زیرزمینی بر سطح ایستابی مشاهده می‌شود (شکل ۱-۲۰).



شکل ۱-۲۰- هیدروگراف معرف آبخوان ازغند

فصل دوم: مروری بر مطالعات گذشته

۲-۱- مقدمه

مدل‌سازی آب‌های زیرزمینی در سالیان اخیر کاربرد بیشتری در مطالعات این حوزه داشته است. جهت مدیریت بهتر منابع آب زیرزمینی و پیش‌بینی رفتار آبخوان در مقابل تنش‌های وارده، داشتن یک مدل عددی می‌تواند راهگشا باشد. در بسیاری از مطالعات خارجی و داخلی به موضوع مدل‌سازی آب زیرزمینی پرداخته شده و نتایج خوبی نیز حاصل گردیده است. در این فصل به مواردی از این مطالعات اشاره شده است.

۲-۲- مروری بر مطالعات مدل‌سازی آب‌های زیرزمینی در جهان

مدل‌های عددی با بکارگیری روابط ریاضی مشتق گرفته از معادلات جریان آب زیرزمینی، قادر به شبیه‌سازی جریان در آبخوان‌ها بوده و خروجی مهم آنها پیش‌بینی سطح آب در سال‌های پیش رو است. در ادامه به مواردی از تحقیقات انجام شده در دنیا اشاره می‌گردد.

کومار و همکاران (Sushant Kumar et al. 2017) مدل‌سازی آب‌های زیرزمینی در حوضه رودخانه بینه هند را با استفاده از کد Modflow به منظور درک بهتر تاثیرات رودخانه مذکور بر تغذیه آبخوان بررسی کردند. از آب رودخانه جهت مصارف شرب منطقه استفاده می‌گردد. پارامترهای دخیل در این مدل‌سازی نظیر تبخیر، بارش، مقادیر سطح ایستابی آب پیژومترها و ... در مدل تعریف و کالیبراسیون با توجه به داده‌های واقعی انجام شد. در نهایت خروجی مدل با داده‌های واقعی تطابق قابل قبولی داشته و بیشترین حساسیت مدل به تبخیر و تعرق و نفوذ ناشی از بارش قید شده است.

ماهفوزور و همکاران (Mahfuzur et al. 2016) در داکا بنگلادش تاثیرات مکانی پمپاژ آب زیرزمینی را بر تغییر جهت جریان آب زیرزمینی و روند پیشرفت آلودگی آرسنیک بررسی کردند. تحقیق نشان داد که ناهمگونی و عدم تعادل در برداشت‌های آب بصورت متمرکز در برخی از نقاط می‌تواند تاثیرات سوئی در تغییر جهت جریان به منظور رسیدن به تعادل بر جای گذارد. مدل عددی تهیه شده پیش‌بینی در دهه آتی را انجام داده است.

وارقس و همکاران (Varghese et al. 2015) سطح آب زیرزمینی را در منطقه مالاپرا با استفاده از مادفلو شبیه‌سازی کردند. مساحت آبخوان حدود ۷۰۵ کیلومتر مربع بوده و آبخوان دو لایه تعریف شده است. از داده‌های سطح آب زیرزمینی هشت چاه مشاهده‌ای موجود برای شبیه‌سازی مدل استفاده شده است. محدوده آبخوان در مدل عددی به ۱۲۰ ردیف و ۱۲۰ ستون تقسیم گردیده است. مدل عددی طی دوره زمانی از ژانویه ۲۰۰۸ تا دسامبر ۲۰۱۴ در حالت پایدار با تعریف پارامترهای دخیل در آبخوان شبیه‌سازی شده است. پس از اجرای اولیه مدل، با تغییر مقادیر پارامترهای بیلان، کالیبراسیون انجام شده (حساسیت مدل به هدایت هیدرولیکی و ضریب ذخیره) و نتایج حاصله دلالت بر جریان آب زیرزمینی در دو جهت مختلف در ناحیه مطالعه داشته که از شیب توپوگرافی سطحی تبعیت نموده است.

عبدالعزیز و همکاران (Abdelaziz et al. 2014) جریان آب زیرزمینی آبخوان شن و ماسه‌ای دشت ساحلی در ایالت اکواایبوم واقع در جنوب غربی نیجریه را انجام داده‌اند. این آبخوان منبع اصلی برای تامین آب شرب، کشاورزی و صنعت در منطقه مذکور است. به منظور مدیریت بهینه آب قابل برنامه‌ریزی در آبخوان، مدل جریان آب زیرزمینی با استفاده از کد Modflow تهیه شده است. مقادیر ضرایب هیدرودینامیک آبخوان، تغذیه و برداشت‌ها در مدل تعریف و کالیبراسیون انجام شده است.

گولی‌انگ و همکاران (Guoliang et al. 2013) جریان آب زیرزمینی را به منظور بررسی پایداری منابع آب زیرزمینی در دشت شمال چین مدل‌سازی نموده‌اند. پارامترهای مختلف از قبیل حجم آب برداشت شده برای مصارف شرب، افزایش بهره‌وری از آب، تغذیه، انتقال آب شور در آبخوان، میزان تاثیر جریان پایه رودخانه و ... در مدل وارد شده و رفتار آبخوان در برابر تنش‌های وارده بررسی گردیده است.

انگوين و همکاران (Nguyen et al. 2013) جریان آب زیرزمینی را در جزیره تاي واقع در استان دونگ تپ (جنوب غربی ویتنام) با استفاده از مدل عددی شبیه‌سازی نمودند. در مدل مذکور رودخانه‌ها، کانال‌های زهکشی و ... تعریف شده است. نتایج شبیه‌سازی آب‌های زیرزمینی نشان داده که سیستم جریان آب زیرزمینی به شدت تحت تاثیر تغییرات فصلی در سطح آب رودخانه مکونگ به ویژه در

زمان وقوع سیلاب‌ها است. علاوه بر این، پمپاژ آب‌های زیرزمینی به میزان ۸۳۶۰۰ مترمکعب در روز یکی از عواملی است که باعث تغییرات تراز آب‌های زیرزمینی در نقاط مختلف جزیره می‌شود. در نهایت بر اساس نتایج مدل، بیشترین افت مخزن آب زیرزمینی در مناطق شمالی ناشی از پمپاژ آب چاه‌های کشاورزی بوده است.

آدهیکاری و همکاران (Adhikary et al. 2011) در ساحل جنوب غربی بنگلادش از مدل عددی به منظور شناخت جریان آب زیرزمینی و بررسی پیشروی آب شور استفاده کردند. ساحلی جنوب غربی بنگلادش در مقایسه با نقاط دیگر آن به دلیل تعامل مستقیم آب‌های زیرزمینی با آب سطحی شور رودخانه‌های ساحلی و دریایی، وضعیت بسیار پیچیده‌ای دارد. مرز آب شور و شیرین آبخوان در نزدیکی مرز ساحلی قرار داشته و تأثیرات پیشروی آب شور در اثر برداشت‌های آب زیرزمینی شبیه‌سازی شده است.

لمسوگ و همکاران (Lamsoge et al. 2009) با استفاده از نرم‌افزار PMwin و کد کامپیوتری مادفلو، در محدوده مطالعاتی WR-2 هند به منظور مدیریت بهتر منابع آب زیرزمینی، اقدام به شبیه‌سازی جریان آب زیرزمینی نمودند. در این مطالعه، پیشنهاد راهکارهای اجرایی برای کنترل منابع آب زیرزمینی توسط کارفرما مورد انتظار بوده است. خروجی‌های مدل اشاره به خشک شدن آبخوان با در نظر گرفتن افت ۱۵ متری تا سال ۲۰۲۰ نموده است و بنابراین پیشنهاد شده است با اتخاذ تصمیمات مهم مدیریتی مخصوصاً در بخش آب کشاورزی، نسبت به کاهش شیب افت سطح ایستابی اقدام گردد.

۲-۳- مروری بر مطالعات مدل‌سازی آب‌های زیرزمینی در ایران

در ایران مدل‌سازی عددی آب زیرزمینی محدود به چند دهه اخیر بوده که روند افزایشی داشته است. برخی از آبخوان‌های فعلی کشور توسط محققین مورد بررسی قرار گرفته و مدل عددی مربوطه نیز تهیه گردیده است. در این بخش به چند نمونه از مطالعات انجام شده اشاره می‌گردد.

نصیری و همکاران (۱۳۹۷) سیستم جریان آب زیرزمینی منطقه ساری-نکا را با استفاده از کد کامپیوتری MODFLOW با استفاده از نرم‌افزار GMS 6.0 شبیه‌سازی کردند. بدین منظور با تهیه

مدل مفهومی منطقه مورد نظر و تعریف پارامترهای مختلف نظیر هندسه آبخوان، شرایط مرزی و ...، در دو حالت ماندگار و غیرماندگار، رفتار آبخوان بررسی و سطح ایستابی نیز برای سال‌های آتی پیش‌بینی گردید. پس از مدل‌سازی، واسنجی پارامترهای هیدروژئولوژیکی آبخوان با روش سعی و خطا انجام گرفته و هدایت هیدرولیکی و آبدهی ویژه به عنوان دو پارامتر مهم واسنجی گردیده است.

ناظری (۱۳۹۷) مدل‌سازی حل مناقشات در بهره‌برداری تلفیقی آب‌های سطحی و زیرزمینی دشت سرزه رضوان را به کمک مدل عددی انجام داده است. دشت سرزه رضوان استان هرمزگان منبع اصلی تامین آب برای مصارف کشاورزی و شرب است. به دلیل اهمیت خاصی که این دشت از لحاظ آب زیرزمینی دارد و در دهه اخیر با افت شدید سطح آب روبرو گردیده است، مدیریت دقیق‌تر بهره‌برداری از این آبخوان و انتخاب بهترین گزینه‌های مدیریتی برای متعادل ساختن وضعیت آبخوان ضروری می‌باشد. بدین منظور مدل ریاضی آبخوان دشت سرزه رضوان با استفاده از کد کامپیوتری MODFLOW تهیه و نوسانات سطح آب آبخوان شبیه‌سازی گردیده است.

کریمی و همکاران (۱۳۹۷) به موضوع پیش‌بینی منابع آب زیرزمینی دشت قروه در حوضه آبریز رودخانه تلوار با استفاده از کد کامپیوتری MODFLOW پرداخته اند. در این راستا مدل با استفاده از داده‌های ۱۶۳ ماه واسنجی شده و سپس با داده‌های ۲۱۶ ماه صحت‌سنجی صورت گرفته است. آنالیز حساسیت مدل نشان‌دهنده حساسیت بالای آن به پارامتر هدایت هیدرولیکی بوده است. نتایج نشان داده است که در صورت ادامه روند قبلی برداشت از آبخوان از سال ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۶ سالانه در حدود ۶۴ سانتی‌متر افت در سطح ایستابی آبخوان وجود خواهد داشت. پیشنهاد شده است به منظور مدیریت و برنامه‌ریزی اصولی با کاهش برداشت از آبخوان، شرایط بهتر و پایدارتر در سطح آب زیرزمینی به وجود آید تا از افت سطح آبخوان و اثرات جبران‌ناپذیر آن بر منابع آب جلوگیری شود.

صاغی و کتابچی (۱۳۹۷) شبیه‌سازی عددی تاثیر مسدود نمودن چاه‌های غیرمجاز بهره‌برداری بر منابع آب زیرزمینی آبخوان نمدان استان فارس را انجام داده‌اند. در این تحقیق از کد کامپیوتری MODFLOW برای مدل‌سازی آبخوان استفاده شده است. بدین منظور مدل عددی آبخوان مورد

مطالعه در حالت ماندگار و در حالت غیرماندگار برای ۸۴ ماه مورد واسنجی قرار گرفته و برای ۴۲ ماه نیز صحت‌سنجی گردیده است. مدل پیش‌بینی برای ده سال آینده با اطلاعات سال آبی ۹۵-۱۳۹۴ توسعه داده شد و سناریوهای ادامه وضع موجود و نیز بستن کامل چاه‌های غیرمجاز فاقد مجوز بهره‌برداری موجود در محدوده مطالعاتی، مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج حاصل، کاهش تراز آبخوان تحت سناریوی پایه تا ۲/۵ متر و افزایش تراز تحت سناریوی بستن چاه‌های غیرمجاز تا ۹ متر را در انتهای دوره ۱۰ ساله نشان داده که دلالت بر نقش کلیدی مسدود نمودن چاه‌های غیرمجاز در احیاء آبخوان داشته است.

جلیلی و آشفته (۱۳۹۷) شبیه‌سازی جریان آب زیرزمینی در آبخوان قم-کهک با استفاده از نرم افزار GMS را انجام داده‌اند. به منظور مدیریت آبخوان قم-کهک که تقریباً وضعیت بحرانی دارد و نیازمند مدیریت در بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی است، جریان آب زیرزمینی توسط نرم افزار GMS و کد کامپیوتری MODFLOW در دو حالت پایدار و ناپایدار شبیه‌سازی شده و مقادیر هدایت هیدرولیکی و ضریب ذخیره واسنجی گردیده است. نتایج تحلیل حساسیت روی سه پارامتر هدایت هیدرولیکی، تغذیه سطحی و ضریب آبدهی ویژه نشان داده است که مدل به مقادیر تغذیه سطحی و ضریب آبدهی ویژه به ترتیب بیشترین و کمترین حساسیت را دارد.

عظیمی و همکاران (۱۳۹۶) مدل‌سازی اثرات آبیاری زمین‌های کشاورزی بر آبخوان خویس را مورد مطالعه قرار داده‌اند. در این پژوهش از مدل Visual Modflow جهت بررسی تغییرات کمی آبخوان و اندرکنش تغذیه اراضی، آب‌های سطحی و زیرزمینی استفاده شده است. سپس با استفاده از نتایج شبیه‌سازی کمی آبخوان، متوسط تغییرات تراز آبخوان و میزان حجم آب وارد شده و خارج شده به آبخوان محاسبه شده است و همچنین مدل برای پیش‌بینی روند تغییرات آینده آبخوان توسعه داده شده است.

گرامی‌مقدم و همکاران (۱۳۹۶) موضوع اصلاح دبی چاه‌های پمپاژ به منظور رسانیدن آبخوان به حال تعادل را در دشت روانسر مورد مطالعه قرار داده‌اند. هدف مطالعه بهینه‌سازی چاه‌های کشاورزی در

محدوده دشت روانسر واقع در استان کرمانشاه بوده است. بدین منظور پس از جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز به منظور شبیه‌سازی هیدرولیکی آبخوان دشت روانسر، فایل‌های ورودی مناسب و سازگار با محیط Visual Modflow تهیه و تنظیم گردیده و پس از واردسازی فایل‌های مذکور به منظور برآورد وضعیت فعلی آبخوان شبیه‌سازی کمی انجام و آیتم‌های موثر در آن مورد بررسی قرار گرفته است. مهم‌ترین و موثرترین آیتم، چاه‌های پمپاژ کشاورزی بوده‌اند که بیش‌ترین سهم را در افت سطح ایستابی در سال آبی مورد مطالعه داشته است. سپس دبی پمپاژ چاه‌های محدوده دشت بهینه‌سازی، چاه‌های بهینه مجدداً به مدل وارد و بار دیگر مدل اجرا شده است. نمودار افت سفره با چاه‌های بهینه‌سازی شده نشانگر روند رو به بهبود سطح ایستابی آبخوان بوده و با استمرار این روند در طولانی مدت، بازگشت نواحی بحرانی به حالت تعادل پیش‌بینی شده است.

احمدی بابک (۱۳۹۶) شبیه‌سازی کمی آبخوان دشت اراک به وسیله نرم‌افزار Modflow را انجام داده است. ابزار مورد استفاده در این تحقیق نرم‌افزار ویژوال مادفلو به منظور شبیه‌سازی جریان آب زیرزمینی بوده است. داده‌های مربوط به دبی‌های پمپاژ چاه‌های کشاورزی، شرایط مرزی، بارندگی، تبخیر و تعرق، منابع آب، وضعیت زهکش‌ها و... جمع‌آوری گردیده و پس از پردازش آنها، در نرم‌افزار تعریف شده‌اند. نمودارهای مربوط به بیلان آبی و افت سفره در بازه زمانی یکساله مورد آنالیز قرار گرفتند. با توجه به روشن شدن وضعیت سطح ایستابی سفره آب زیرزمینی در پایان شبیه‌سازی، قضاوت در رابطه با مناسب بودن و یا نبودن سطح برداشت فعلی از آبخوان انجام شده که مطابق نتایج حاصله، بهره‌برداری فعلی از این آبخوان با توجه به افت سفره در سال‌های خشکسالی، آبخوان را در خطر افت شدید سطح ایستابی آب زیرزمینی قرار خواهد داد.

علیمحمدی نافچی (۱۳۹۵) به منظور اجرای مدیریت یکپارچه منابع آبی در حوضه آبریز جهانبین و جلوگیری از عملکرد و بیلان منفی دشت شهرکرد، حفظ و تداوم حیات آبخوان و بهره‌برداری پایدار از آبخوان، اقدام به تهیه مدل عددی برای آبخوان مذکور نموده است. مدت اجرای طرح حدود دو سال بوده است. به منظور تجزیه و تحلیل وضعیت منابع آبی در آینده با پیش‌بینی پنج سناریو از روش

معادله بیلان آبی و با کمک نرم افزار مادفلو، رفتار و عکس‌العمل آبخوان دشت شهرکرد مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج گویای آن بوده که بیلان آبی آبخوان همواره منفی است. عملکرد و عکس‌العمل منفی آبخوان باعث شده که از سال ۵۶-۵۵ لغایت ۹۲-۹۳، آبخوان افتی برابر ۹/۱ متر داشته باشد. نتایج پیش‌بینی برای دوره بلند مدت ۲۰ ساله (سال ۱۴۱۲) نشان داده که اکثرچاه‌های منطقه فاقد آبدهی خواهند شد. به منظور جلوگیری از وقایعی همچون نشست زمین، خشک شدن چاه‌ها، بیکاری افراد و جلوگیری از مهاجرت ساکنین منطقه، نیاز به رعایت مصرف بهینه آب و مدیریت واحد منابع آبی با پشتوانه اجرایی و کنترل هوشمند برداشت‌های آب به عنوان راهکارهای پیشنهاد شده است.

۲-۴- جمع‌بندی مطالعات پیشین

تمامی مطالعات قبلی اشاره شده، دلالت بر اهمیت موضوع تهیه مدل عددی به منظور پیش‌بینی رفتار آبخوان در آینده در راستای مدیریت منابع ارزشمند آب زیرزمینی دارد، لذا ضرورت دارد که توأم با تهیه گزارش‌های هیدروژئولوژی آبخوان‌ها، قدم‌های جدی‌تری در خصوص تهیه مدل‌های مفهومی و عددی آنها نیز برداشته شود.

۲-۵- سابقه مدل‌سازی آبخوان ازغند

تا کنون مدل عددی برای آبخوان ازغند تهیه نشده است. در تحقیق فعلی ضمن اقدام به تهیه مدل مفهومی و عددی، نواقص موجود در داده‌های اولیه آبخوان مشخص گردید، به نحوی که نیاز به انجام مطالعات تکمیلی زمین‌شناسی و هیدروژئولوژی احساس شد. قطعاً با داشتن داده‌های مکمل می‌توان مدل را به شرایط واقعی نزدیک‌تر نمود و استناد به خروجی‌های مدل با ضریب اطمینان بالاتری خواهد بود.

فصل سوم: روش انجام تحقیق

۳-۱- مقدمه:

تحقیق حاضر با هدف تهیه مدل عددی آبخوان ازغند و بررسی پایداری آبخوان در خصوص تامین آب شرب از طریق منابع فعلی و نیز پیش‌بینی وضعیت آبخوان در آینده انجام شده است. مراحل کلی مطالعات مدل‌سازی آب زیرزمینی در دشت ازغند به شرح ذیل می‌باشد.

- جمع‌آوری اطلاعات پایه و تهیه مدل مفهومی آبخوان
- انتخاب مدل عددی و نرم‌افزار مناسب
- تبدیل مدل مفهومی به مدل عددی
- کالیبراسیون مدل
- آنالیز حساسیت و صحت‌سنجی مدل
- پیش‌بینی پایداری آبخوان ازغند تحت سناریوهای مختلف

۳-۲- جمع‌آوری اطلاعات پایه و تهیه مدل مفهومی آبخوان

منبع اصلی داده‌های مربوط به آبخوان، گزارش‌ها و اطلاعات موجود در شرکت آب منطقه‌ای (سال‌های ۹۴-۹۶) می‌باشد. بدین‌منظور گزارش‌های ممنوعیت دشت ازغند و سایر اطلاعات پیژومتری و ایستگاه‌های هیدرومتری مورد استفاده، از آب منطقه‌ای خراسان رضوی اخذ گردید.

جهت تهیه نقشه توپوگرافی از نقشه رقومی ارتفاعی با دقت ۵۰ متر استفاده شد. شیب اصلی دشت از شمال به جنوب و شرق به غرب می‌باشد. مسیل‌های اصلی دشت نیز امتداد شمالی جنوبی دارند که از ارتفاعات شمالی سرچشمه و به دشت مه‌ولات منتهی می‌گردند. با استفاده از داده‌های موجود مربوط به آزمایش‌های ژئوالکتریک، لاگ‌های پیژومتری و نیز لاگ‌های برداشتی از ۱۸ حلقه چاه کشاورزی در سطح دشت ازغند، نقشه سنگ کف ترسیم گردید. به منظور تعیین حدود مرزهای نفوذپذیر و غیر قابل نفوذ آبخوان و نیز تحلیل ضرایب هیدرودینامیک، از نقشه‌های زمین‌شناسی در کنار سایر داده‌ها (دانه‌بندی رسوبات آبرفتی) بهره گرفته شده است. داده‌های ایستگاه‌های منتخب هیدرومتری،

باران‌سنجی و تبخیرسنجی موجود مورد تحلیل قرار گرفته و اطلاعات مورد نیاز به عنوان ورودی در مدل تعریف می‌گردد.

۳-۳- انتخاب مدل عددی و نرم‌افزار مناسب

کد کامپیوتری مورد استفاده در این تحقیق همانند بسیاری از موارد مشابه مدل‌سازی آب زیرزمینی، کد MODFLOW می‌باشد. بسیاری از نرم‌افزارهای مورد استفاده در مدل‌سازی آب زیرزمینی بر اساس کد مادفلو طراحی شده‌اند. در تحقیق فعلی از نرم‌افزار GMS ورژن ۷/۱ به دلیل اجرای مناسب و کامل برنامه استفاده شده است. نرم‌افزار GMS سازگاری مناسبی با سایر نرم‌افزارها نظیر GIS و داده‌های متنی (xls.txt و...) دارد.

۳-۴- تبدیل مدل مفهومی به مدل عددی

از مراحل مهم و اساسی مدل‌سازی، تعریف و تبدیل مدل مفهومی به مدل عددی در نرم‌افزارهای مورد استفاده می‌باشد. سپس در مدل‌سازی آب زیرزمینی معمولاً به صورت رایج ابعاد شبکه‌ها 500×500 متر در نظر گرفته می‌شود. به منظور دقت بیشتر در ترسیم نقشه‌ها و خروجی مدل، در تحقیق حاضر ابعاد سلول‌های مدل 300×300 متر تعریف شده است. با استفاده از پکیج‌های موجود در نرم‌افزار نسبت به تعریف لایه‌های توپوگرافی، سنگ کف، سطح ایستایی اولیه، حجم برداشت از منابع آب زیرزمینی، ورودی و خروجی جریان آب زیرزمینی، تعیین محدوده‌های هدایت هیدرولیکی، تغذیه و... اقدام شد. با توجه به حجم بالای اطلاعات مورد استفاده، بایستی دقت کافی و چندباره در این خصوص اعمال تا حداقل خطای انسانی رخ دهد و بهترین خروجی از مدل دریافت گردد. پس از اتمام مراحل فوق و چک کردن داده‌های ورودی از طریق برنامه GMS، اولین اجرا انجام شده و خطاهای احتمالی قابل گزارش‌گیری می‌باشد.

۳-۵- کالیبراسیون (واسنجی) مدل

در اغلب موارد، نقشه‌های اولیه خروجی مدل با داده‌های واقعی هم‌خوانی کامل ندارد و ممکن است در مناطقی نیز دچار اختلاف فاحش باشد. دید کارشناسی به همراه بررسی مستندات می‌تواند به رفع خطا کمک نماید. در مرحله کالیبراسیون که به صورت دستی و خودکار (اتوماتیک) قابل اجرا است می‌توان داده‌های ورودی را تصحیح نمود. در تحقیق حاضر از اطلاعات سالی آبی ۹۴-۹۵ جهت واسنجی مدل عددی آبخوان استفاده شده است. پس از انجام کالیبراسیون، مجدد مدل اجرا و نتایج نسبت به داده‌های واقعی و حالت قبلی مقایسه می‌گردد.

۳-۶- آنالیز حساسیت و صحت‌سنجی مدل

یک مدل‌سازی درست نمی‌تواند نسبت به تغییرات ایجاد شده در مقادیر وارد شده بدون عکس‌العمل باشد. بدین معنی که چنانچه پارامترهای ورودی و خروجی تغییر یابند، حتماً بایستی تغییرات هر چند محدود در مدل مشاهده گردد. به هر میزان که خروجی مدل با انجام تغییرات در پارامتر خاصی واکنش شدیدتری (کاهش یا افزایشی) داشته باشد، دلالت بر حساسیت مدل به پارامتر مذکور دارد. این عمل را می‌توان با اضافه کردن و یا کاهش مقادیر هدایت هیدرولیکی، تغذیه، برداشت چاه‌ها و... در مدل بررسی نمود. از داده‌های سال آبی ۹۶-۹۵ به منظور صحت‌سنجی استفاده و سایر پارامترهای مدل بدون تغییر در نظر گرفته شده است. دقت نتایج خروجی قابل قبول بوده و عملکرد مدل در مرحله واسنجی تایید شده است.

۳-۷- بررسی پایداری آبخوان از غند تحت سناریوهای مختلف

در نهایت پس از اتمام مراحل مدل‌سازی، باید در راستای هدف تعیین شده، از مدل بهره‌برداری نمود. در دشت از غند هدف اصلی بررسی پایداری آبخوان با توجه به برداشت‌های فعلی می‌باشد. بدین منظور وضعیت آینده آبخوان با ادامه روند فعلی و یا تغییرات در برداشت بخش‌هایی نظیر کشاورزی یا شرب در قالب سناریوهای مختلف بررسی شده است.

فصل چهارم: مدل‌سازی عددی و بررسی پایداری

آبخوان ازغند

۴-۱- مقدمه

در این فصل مطالب مربوط به تهیه و اجرای مدل عددی آبخوان ازغند ارائه شده است. این موارد شامل ورود داده‌ها به مدل و تحلیل نتایج و خطاها می‌باشد. کالیبراسیون به صورت دستی و با توجه به دیدگاه کارشناسی در خصوص پارامترهای موثر در جریان انجام شده است.

۴-۲- مدل مفهومی آبخوان ازغند

مهم‌ترین مرحله در مطالعات مدل‌سازی، تهیه مدل مفهومی آبخوان مورد مطالعه است. دشت ازغند دارای ۷ حلقه چاه پیزومتری بوده که یکی از آنها (پیزومتر گلستان) از اواخر سال ۱۳۹۵ فاقد آمار بوده و خشک معرفی شده است. صرف‌نظر از تعداد کم پیزومترها، نحوه قرارگیری آنها نیز تقریباً به صورت خطی در امتداد شرق به غرب می‌باشد. جهت ترسیم بهتر نقشه هم‌پتانسیل می‌بایست تراز آب زیرزمینی در نواحی شمالی و جنوبی نیز در دسترس باشد که در این راستا اقدام به استفاده از سوابق تعدادی از پرونده چاه‌های کشاورزی جهت برآورد عمق برخورد به آب گردید. مدل مفهومی آبخوان ازغند در دو بخش هندسه و هیدرولیک آبخوان به شرح ذیل تهیه گردید.

۴-۲-۱- هندسه آبخوان

آبخوان ازغند در راستای شرقی غربی بین آبخوان رشتخوار و کاشمر واقع شده است. حد شمالی به ارتفاعات آذرین و حد جنوبی نیز به تپه ماهورهای رسی مارنی منتهی می‌گردد. محدوده شرق شهر شامهر تا غرب روستای نای نیز به ترتیب مرزهای شرقی و غربی محدوده می‌باشد. ضخامت سنگ کف از حدود ۲۰ متر در نواحی مرز شمالی تا حدود ۳۰۰ متر در ناحیه مرکزی آبخوان متغیر است. میزان تغییرات زیاد سنگ کف ناشی از تاثیرپذیری آن از فعالیت های گسلی منطقه من جمله گسل فعال درونه می‌باشد.

۴-۲-۲- هیدرولیک آبخوان

الف- شبکه پیزومترى

مشخصات پیزومترهای حفر شده در دشت ازغند در جدول ۱-۱ و موقعیت مکانی و محدوده تیسنبندی آنها در شکل ۱-۱۹ ارائه شده است.

ب- نقشه هم پتانسیل آبخوان ازغند

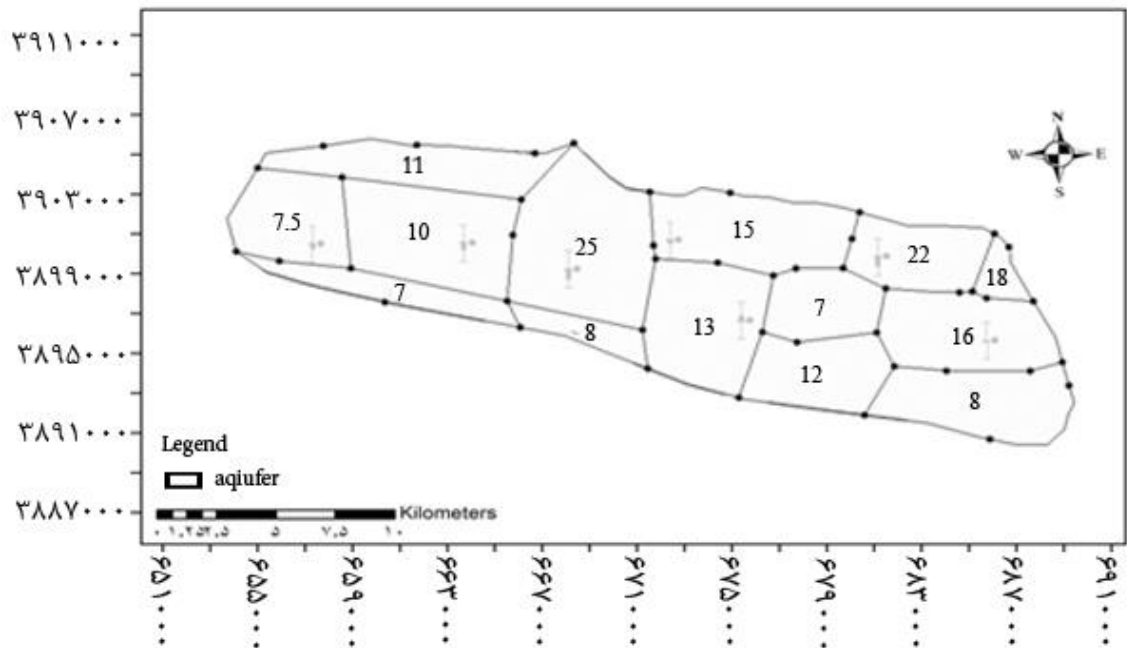
جهت ترسیم نقشه هم پتانسیل، علاوه بر اطلاعات چاههای پیزومترى، از دادههای مربوط به سطح ایستابی در چاههای کشاورزی واقع در نواحی شمالی و جنوبی آبخوان نیز استفاده شده است. خطوط هم پتانسیل دلالت بر جهت جریان آب زیرزمینی از شمال شرق به جنوب غرب-غرب دارد. در نیمه شرقی آبخوان (محدوده روستاهای زرمهر، شادمهر و خوشدره) جهت غالب جریان آب زیرزمینی، تقریباً شمالی - جنوبی است.

ج- ضرایب هیدرودینامیک آبخوان ازغند

در آبخوانها بیشترین عدم قطعیت مربوط به ضرایب هیدرودینامیک سفره می باشد. گزارشهای پمپاژ که نقش اساسی در برآورد ضرایب فوق الذکر دارند، به صورت محدود و در دهه پنجاه شمسی در آبخوان ازغند انجام شده که نتایج آن در جدول ۱-۲ ارائه شده است. حوض سرخ در شمال شرق دشت ازغند واقع شده است و نتیجه پمپاژ مذکور صرفاً به منظور تکمیل اطلاعات مناطق مجاور است. منطقه سلطان آباد به دلیل قرار گرفتن در محدوده رودخانه فصلی ازغند دارای دانه بندی درشت دانه بوده و قابلیت انتقال بالایی نسبت به سایر نقاط دشت دارد. منطقه شمال زرمهر نیز شرایط نسبتاً مشابهی با سلطان آباد دارد.

با توجه به محدود بودن آزمونهای پمپاژ انجام شده در آبخوان ازغند از لاگ حفاریهای موجود در دشت جهت تخمین ضرایب هیدرودینامیک بر اساس دانه بندی استفاده شده است. با جمع بندی اطلاعات مربوط به لاگهای حفاری تعداد ۱۸ حلقه چاه کشاورزی که در سالهای اخیر عملیات

حفاری جدید داشته‌اند و نیز بررسی وضعیت آبدهی چاه‌های مناطق مختلف دشت، پهنه‌بندی هدایت هیدرولیکی در محدوده آبخوان به صورت شکل ۴-۱ انجام شده است.



شکل ۴-۱- پهنه‌بندی هدایت هیدرولیکی (متر در روز) در محدوده آبخوان ازغند

بر این اساس هدایت هیدرولیکی در آبخوان از ۷ تا ۲۵ متر در روز تغییر می‌کند. بیشترین مقادیر هدایت هیدرولیکی مربوط به بخش‌های شمال و در محدوده مسیل رودخانه ازغند مشاهده می‌گردد. با توجه به دانه‌بندی رسوبات ضریب ذخیره آبخوان ازغند حدود ۶ الی ۷ برآورد شده است.

۴-۳- بیان آبخوان ازغند

بیان هیدروژئولوژیکی آبخوان ازغند طبق رابطه زیر برای سال آبی ۹۵-۹۴ برآورد شده است :

$$\text{تغییرات حجم ذخیره} = \text{خروجی ها} - \text{ورودی ها}$$

جریان‌های ورودی به آبخوان شامل ورودی به آبخوان از طریق جریان آب زیرزمینی، ورودی به آبخوان از طریق بارش‌های جوی و ورودی به آبخوان از طریق آب‌های برگشتی مصارف چاه‌ها می‌باشند.

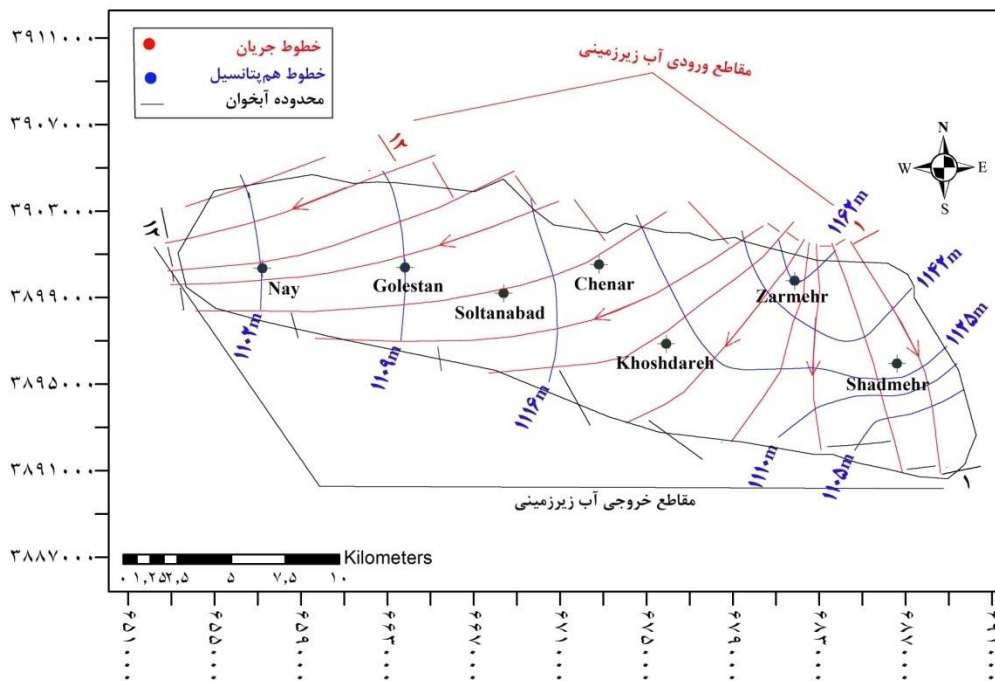
جریان‌های خروجی از آبخوان نیز شامل خروجی از جریان آب زیرزمینی و تخلیه از طریق منابع بهره‌برداری (چاه-قنات-چشمه) می‌باشند.

۳-۴-۱- ورودی و خروجی جریان‌های آب زیرزمینی

با توجه به شرایط هیدروژئولوژیکی آبخوان و داده‌های تراز سطح ایستابی، مقاطع ورودی و خروجی آبخوان آبرفتی ازغند مشخص ارائه شده است (شکل ۴-۲). برای محاسبه حجم آب ورودی و خروجی از آبخوان ازغند از رابطه زیر استفاده شد:

$$Q = T \cdot L \cdot I \cdot t$$

که در این رابطه Q حجم آب ورودی یا خروجی (بر حسب مترمکعب)، T قابلیت انتقال (مترمربع بر روز)، L طول مقطع (متر)، I گرادیان هیدرولیکی (بدون بعد) و t زمان (روز) می‌باشند.



شکل ۴-۲- شبکه جریان آبخوان ازغند و ترسیم مقاطع ورودی و خروجی به/از آبخوان

محاسبات مربوط به حجم جریان‌های ورودی به آبخوان ازغند در جدول ۴-۱ ارائه شده است. با توجه به شیب نسبتاً بالای سنگ کف در شمال پیزومتر زرمهر که احتمالاً ناشی از تغییرات سنگ کف به

دلیل مجاورت با گسل درونه می‌باشد، بیشترین شیب هیدرولیکی و ورودی جریان آب زیرزمینی در این ناحیه می‌باشد. با توجه به محاسبات کل حجم جریان‌های ورودی به آبخوان ازغند حدود ۱۹ میلیون مترمکعب در سال می‌باشد.

جدول ۴-۱- محاسبات جریان ورودی آب زیرزمینی آبخوان ازغند

لوله جریان	W(m)	i	T(m ² /d)	t(d)	V(Mm ³)
۱	۱۴۸۰	۰/۰۰۹	۴۵۰	۳۶۵	۲/۱۹
۲	۱۱۳۰	۰/۰۰۹	۵۵۰	۳۶۵	۲/۰۴
۳	۷۵۰	۰/۰۰۹	۵۵۰	۳۶۵	۱/۳۵
۴	۶۸۰	۰/۰۰۹	۵۵۰	۳۶۵	۱/۲۳
۵	۴۹۰	۰/۰۰۹	۳۷۵	۳۶۵	۰/۱۶
۶	۶۱۰	۰/۰۰۸	۳۷۵	۳۶۵	۰/۶۷
۷	۱۴۶۰	۰/۰۰۸	۳۷۵	۳۶۵	۱/۱۶
۸	۲۸۸۰	۰/۰۰۷	۳۷۵	۳۶۵	۲/۷۶
۹	۲۷۶۰	۰/۰۰۵	۳۷۵	۳۶۵	۱/۸۹
۱۰	۲۵۰۰	۰/۰۰۵	۶۲۵	۳۶۵	۲/۸۵
۱۱	۱۹۷۰	۰/۰۰۵	۳۰۰	۳۶۵	۱/۱
۱۲	۱۶۰۰	۰/۰۰۵	۲۷۵	۳۶۵	۰/۸
جمع کل جریان ورودی (میلیون مترمکعب در سال)			۱۹/۰۶		

با امتداد خطوط جریان ترسیمی در نقشه خطوط هم‌پتانسیل می‌توان جهت حرکت آب زیرزمینی و مقاطع خروجی آن را نیز تعیین و محاسبات مربوط به حجم جریان خروجی را انجام داد. مطابق جدول شماره ۴-۲ تعداد ۱۲ مقطع خروجی در آبخوان ازغند در نظر گرفته شده است. ضخامت آبرفت در مقاطع خروجی به نسبت مقاطع ورودی بیشتر است و به همین علت علی‌رغم اینکه مقادیر هدایت هیدرولیکی کمتری دارند، مقادیر قابلیت انتقال نسبت به برخی از مناطق شمالی بیشتر می‌باشد. با توجه به محاسبات کل حجم جریان زیرزمینی خروجی از آبخوان ازغند حدود ۱۷ میلیون مترمکعب در سال برآورد می‌گردد.

جدول ۴-۲- محاسبات جریان خروجی آب زیرزمینی آبخوان ازغند

V(Mm ³)	t (d)	T(m ² /d)	i	W(m)	لوله جریان
۱/۲۸	۳۶۵	۶۰۰	۰/۰۰۴	۱۴۶۰	۱
۱/۳۳	۳۶۵	۶۰۰	۰/۰۰۴	۱۵۲۰	۲
۲/۷۲	۳۶۵	۶۰۰	۰/۰۰۴	۳۱۰۰	۳
۲/۷۵	۳۶۵	۶۰۰	۰/۰۰۳۲	۳۹۲۰	۴
۲/۹۱	۳۶۵	۷۸۰	۰/۰۰۳	۳۴۱۰	۵
۳/۳۶	۳۶۵	۸۴۵	۰/۰۰۳۱	۳۴۹۰	۶
۱/۴۲	۳۶۵	۵۲۰	۰/۰۰۳۱	۲۴۰۰	۷
۰/۱۶	۳۶۵	۳۸۵	۰/۰۰۱۱	۱۱۰۰	۸
۰/۳۶	۳۶۵	۳۸۵	۰/۰۰۲	۱۲۸۰	۹
۰/۱۸	۳۶۵	۳۸۵	۰/۰۰۲	۶۳۰	۱۰
۰/۲۷	۳۶۵	۳۸۵	۰/۰۰۲	۹۸۰	۱۱
۰/۳	۳۶۵	۳۸۵	۰/۰۰۲	۱۰۵۰	۱۲
۱۷/۰۴			جمع کل جریان خروجی (میلیون مترمکعب در سال)		

۳-۴-۲- تغذیه ناشی از نفوذ بارش

متوسط بارش در دشت ازغند به میزان ۱۳۴ میلی‌متر در سال می‌باشد. هر چند در ارتفاعات ازغند بارش به میزان حدود دو برابر مقادیر دشت می‌باشد، لیکن نفوذ بارش در ارتفاعات به صورت ورودی جریان آب زیرزمینی در شمال آبخوان عمل نموده و دلیل اصلی تغذیه آبخوان می‌باشد. شکستگی‌ها و درزه‌های ناشی از فعالیت گسل درونه تاثیر بسزایی در این امر داشته است. در تحقیق حاضر، میزان نفوذ حدود ۱۰ درصد از کل بارش در نظر گرفته شده است. بر این اساس حجم تغذیه ناشی از بارش حدود ۴ میلیون مترمکعب در سال تخمین زده شده است.

حجم نفوذ بارش = سطح آبخوان * میزان بارش * ضریب نفوذ

$$Q = 0.1 \times 0.134 \times 289000000 = 3/9 \text{ MCM/year}$$

۳-۴-۳- تغذیه ناشی از آب برگشتی کشاورزی

ضریب آب برگشتی کشاورزی به میزان ۱۵ درصد آب مورد استفاده در کشاورزی در نظر گرفته شده است. تخلیه سالانه از آبخوان ازغند حدود ۲۸ میلیون مترمکعب در سال می‌باشد. از این مقدار حدود ۸ میلیون مترمکعب جهت مصارف شرب به خارج حوضه منتقل می‌گردد که آب برگشتی ناشی از آن در محاسبات بیلان لحاظ نشده است. با احتساب ضریب ۱۵ درصد، مقدار آب برگشتی ناشی از مصارف کشاورزی (۲۰ میلیون مترمکعب در سال) حدود ۳ میلیون مترمکعب در سال برآورد شده است.

حجم نفوذ آب برگشتی = حجم کل آب برداشت شده کشاورزی * ضریب آب برگشتی

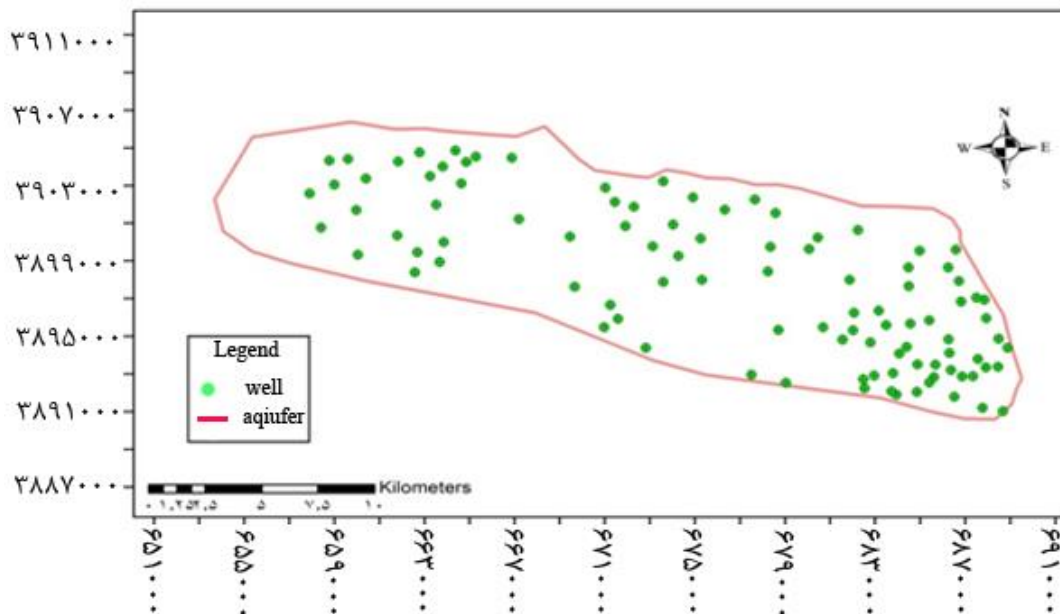
$$Q = 0.15 \times 20000000 = 3 \text{ MCM/year}$$

۳-۴-۴- میزان تبخیر و تعرق از آبخوان

تبخیر و تعرق در قسمت‌هایی از آبخوان‌ها که عمق برخورد به آب زیرزمینی در کمتر از حدود ۵ متر قرار دارد، به عنوان پارامتر خروجی آب زیرزمینی در مدل منظور می‌شود. به دلیل نبود مناطقی با مشخصات فوق در دشت ازغند، مقادیر تبخیر و تعرق از آب زیرزمینی در محاسبات بیلان صفر می‌باشد.

۳-۴-۵- بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی

در محدوده آبخوان ازغند، تعداد ۹۸ حلقه چاه عمیق موجود است. موقعیت مکانی چاه‌ها در شکل شماره ۳-۴ نشان داده شده است. با توجه به ضرورت تعیین دقیق حجم برداشت ماهانه از چاه‌ها جهت استفاده در دوره‌های تنش تعریف شده، از ساعت کارکرد برق ماهانه استفاده گردید. با توجه به محاسبات حجم تخلیه سالیانه آبخوان ازغند توسط چاه‌های بهره‌برداری حدود ۲۸ میلیون مترمکعب در سال می‌باشد. حدود ۱۹ میلیون مترمکعب آب از منابع آب زیرزمینی برای مصارف کشاورزی و حدود ۹ میلیون مترمکعب نیز برای مصارف شرب مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۴-۳- موقعیت چاه‌های بهره‌برداری آبخوان ازغند

۴-۴- خلاصه بیلان آبخوان ازغند

بیلان حجمی آبخوان برای بررسی تغییرات حجم ذخیره آب آبخوان در اثر تفاوت ورودی‌ها و خروجی‌ها در مدت زمان معلوم قابل استفاده می‌باشد. خلاصه بیلان آبخوان آبرفتی ازغند در جدول ۴-۳ ارائه شده است.

جدول ۴-۳- پارامترهای بیلان آبخوان ازغند در سال آبی ۹۴-۹۵

عوامل تخلیه		عوامل تغذیه	
حجم (میلیون مترمکعب در سال)	شرح	حجم (میلیون مترمکعب در سال)	شرح
۱۷	خروجی زیرزمینی از آبخوان	۱۹	جبهه ورودی آب زیرزمینی
۲۸/۳	بهره‌برداری از آبخوان	۳/۹	نفوذ بارندگی
		۳	نفوذ آب برگشتی
۴۵/۳	جمع	۲۵/۹	جمع
$\Delta V = -19/4 \text{ MCM/year}$			

چنانچه عوامل تغذیه بیشتر باشد، آبخوان دارای تراز مثبت سطح آب زیرزمینی بوده و بالعکس در مواردی که میزان تخلیه بیشتر باشد، آبخوان دارای بیلان منفی است که با افت سطح ایستابی همراه خواهد بود. با توجه به محاسبات کاهش حجم آبخوان (کسری مخزن) ازغند حدود ۱۹ میلیون مترمکعب در سال می‌باشد. افت متوسط آبخوان ازغند در سال آبی ۹۴-۹۵ به میزان ۱/۱۱ متر در سال می‌باشد. با توجه به مساحت محدوده مورد مطالعه و نیز ضریب ذخیره ۶ درصد حجم کسری مخزن آبخوان بر اساس هیدروگراف حدود ۱۹ میلیون مترمکعب در سال می‌باشد که تایید کننده نتایج بیلان جزء به جزء آبخوان می‌باشد.

$$\Delta V = \Delta h \times S_y \times A$$

$$\Delta V = 1/11 \text{ m} \times 0.06 \times 289000000 \text{ m}^2 = 19/3 \text{ MCM/year}$$

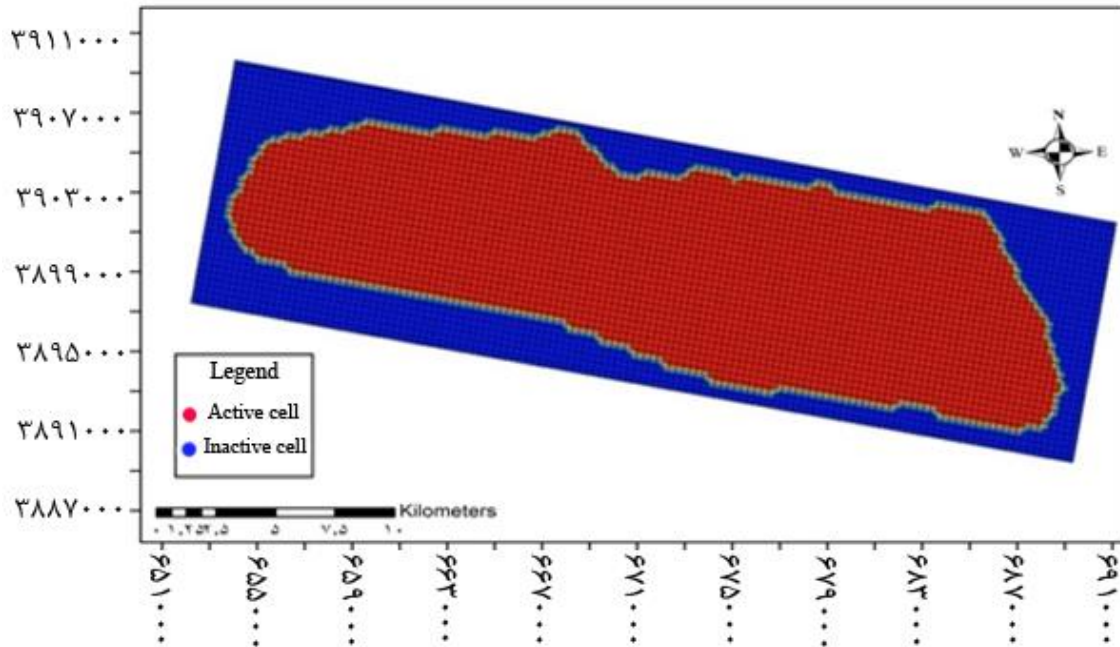
مقادیر محاسبه شده از بیلان جزء به جزء آبخوان در سال آبی ۹۴-۹۵ و نتایج هیدروگراف دلالت بر کسری مخزن حدود ۱۹ میلیون مترمکعبی در سال را دارد. این امر به دلیل برداشت‌های بی‌رویه از آبخوان جهت مصارف شرب و کشاورزی می‌باشد.

۴-۵- مدل عددی آبخوان ازغند

نرم‌افزارهای زیادی از کد مادفلو برای مدل‌سازی آب‌های زیرزمینی استفاده می‌کنند که در تحقیق حاضر از نرم‌افزار GMS نسخه ۷/۱ استفاده گردیده است. مراحل انجام کار به ترتیب در ادامه توضیح داده شده است.

۴-۵-۱- شبکه‌بندی محدوده آبخوان

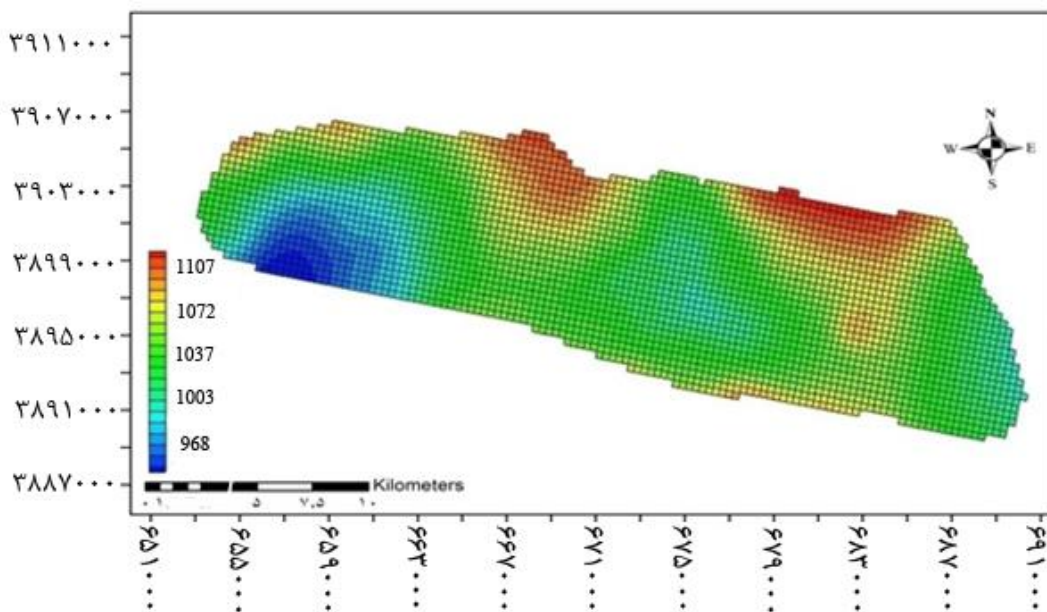
اولین مرحله در تبدیل مدل مفهومی به مدل عددی، شبکه‌بندی آبخوان مورد نظر است. حد کوه و دشت در نرم‌افزار GIS با توجه به نقشه زمین‌شناسی ترسیم و شیپ فایل مربوطه وارد نرم‌افزار GMS شده است. با استفاده از گزینه Grid نسبت به شبکه بندی اقدام گردید (شکل ۴-۴). جهت بالابردن دقت منحنی‌های ترسیمی، سلول‌های شبکه مدل به ابعاد 300×300 متر تنظیم شده‌اند. سلول‌های خارج از محدوده آبخوان مطابق شکل ۴-۴ به عنوان سلول غیرفعال تعریف شده است.



شکل ۴-۴- شبکه‌بندی محدوده آبخوان ازغند در مدل عددی

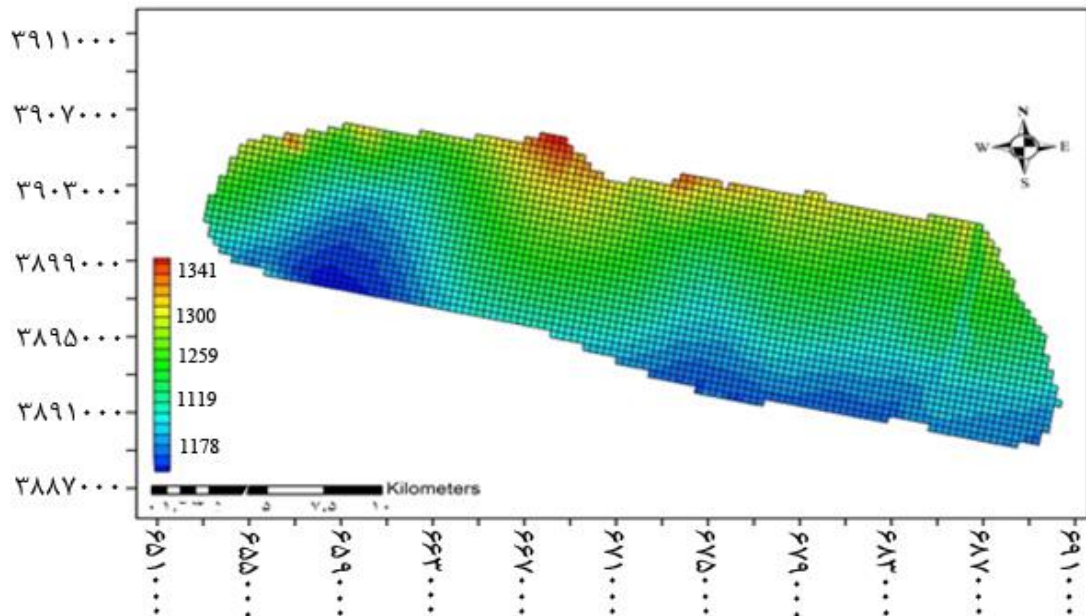
۴-۵-۲- سنگ کف و توپوگرافی سطحی

مقادیر ارتفاعی سنگ کف بدست آمده از مطالعات قبلی و لاگ‌های حفاری موجود به صورت داده‌های 2D Scatter Data وارد مدل می‌گردد. پس از درونیابی داده‌ها، مقادیر سنگ کف برای همه سلول‌های فعال مطابق شکل ۴-۵ در قسمت Bottom Layer تعریف می‌شود.



شکل ۴-۵- نقشه سنگ کف آبخوان در مدل عددی

به طریق مشابه و با وارد کردن داده‌های مربوط به توپوگرافی، نقشه مربوط به توپوگرافی سطحی (Top Layer) نیز مطابق شکل ۴-۶ تهیه و در مدل تعریف گردید.



شکل ۴-۶- نقشه توپوگرافی سطحی آبخوان ازغند مورد استفاده در مدل عددی

۵-۴-۳- تعیین شرایط مرزی و سطح آب اولیه

مرزهای آبخوان مورد مطالعه در قسمت‌های شمالی نفوذپذیر بوده و در مرزهای جنوبی نیز با توجه به نقشه زمین‌شناسی و شبکه‌های جریان، مرزهای آبخوان نفوذپذیر بوده و تپه‌های رسی مارنی در خارج از محدوده آبخوان واقع شده است. نقشه هم‌پتانسیل آبخوان که به صورت دستی ترسیم شده است، با استفاده از نرم‌افزار GIS به لایه‌های رقومی تبدیل و با وارد کردن شیپ فایل مذکور در برنامه GMS، از منوی GIS نسبت به ترسیم نقشه سطح ایستابی اولیه اقدام شد. این داده‌ها برای تمامی سلول‌ها اختصاص یافته و به عنوان شرایط اولیه در مدل مورد استفاده قرار گرفته است.

۵-۴-۴- چاه‌های مشاهده‌ای

در آبخوان ازغند تعداد ۷ حلقه چاه پیزومتری وجود دارد که عمق برخورد به آب زیرزمینی در آنها به صورت ماهانه برداشت می‌گردد. در لایه obs.well تعریف شده در مدل عددی، مقادیر و نوسانات سطح آب برای هر پیزومتر به صورت جداگانه وارد می‌شود.

۵-۴-۵- دوره‌های تنش در مدل

مدل فعلی در حالت ناپایدار برای سال آبی ۹۵-۹۴ ساخته شده است. جهت اعمال تنش‌های وارد به آبخوان اقدام به تعیین ۱۲ دوره تنش ماهانه در طول سال شده است. مهر ۱۳۹۴ اولین و شهریور ۱۳۹۵ آخرین دوره تنش مدل می‌باشد. مقادیر تغذیه و برداشت در هر یک از دوره‌های تنش متناسب با میزان آنها در مدل آبخوان اعمال شده است.

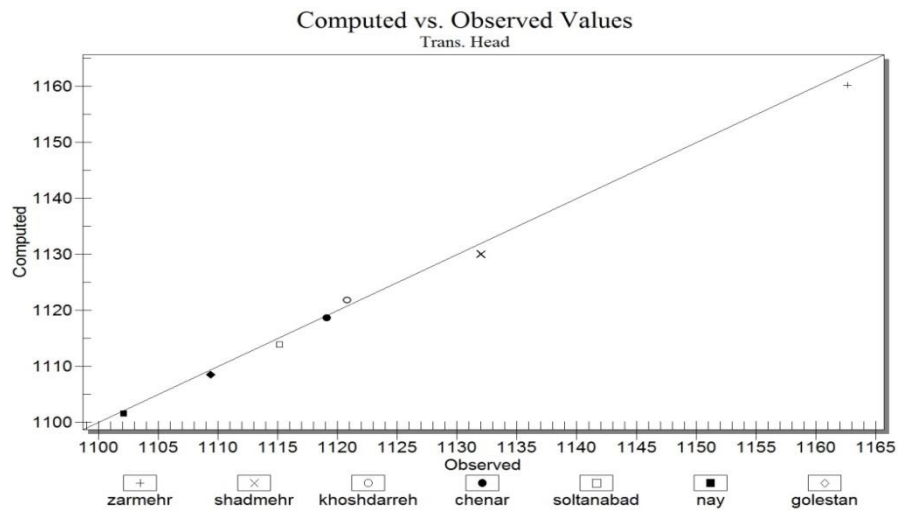
۵-۴-۶- واسنجی مدل

بعد از وارد کردن داده‌ها و تکمیل اطلاعات لایه‌های ایجاد شده در مدل، می‌بایست نسبت به گرفتن اولین خروجی از مدل اقدام نمود. قبل از اجرا، از منوی Check Simulation نسبت به وجود خطاهای احتمالی آگاه و پس از رفع آنها، مدل اجرا می‌شود. خروجی اولیه مدل نشان‌دهنده خطای بالاتر از حد مجاز در تعداد ۵ پیژومتر از ۷ پیژومتر موجود داشت. تمامی مراحل کالیبراسیون مدل به صورت دستی و با در نظر گرفتن شرایط هیدروژئولوژی آبخوان انجام شده است. مدل نسبت به پارامتر تغذیه و در رتبه بعدی هدایت هیدرولیکی حساسیت بالایی دارد، به گونه‌ای که با بررسی دقیق‌تر سنگ کف و مقاطع ژئوالکتریک، اصلاح پارامتر هدایت هیدرولیکی در قسمت بالآمدگی سنگ کف آبخوان، باعث شبیه‌سازی سطح ایستابی مطابق نقشه‌های هم‌پتانسیل ترسیم شده به روش دستی گردید.

۵-۴-۷- صحت‌سنجی مدل

یکی از مراحل مدل‌سازی، عملیات صحت‌سنجی می‌باشد. بدین صورت که صحت کارکرد و خروجی مدل برای یک دوره زمانی مشخص (غیر از زمان مورد استفاده در کالیبراسیون) مورد تحلیل قرار می‌گیرد. از داده‌های سال آبی ۹۶-۹۵ جهت صحت‌سنجی مدل استفاده گردید. ملاحظه شد که مدل تهیه شده از دقت قابل قبولی برخوردار است. مطابق شکل شماره ۴-۷، هرچند تفاوت مقادیر محاسباتی و مشاهده‌ای تراز آب در پیژومترها در حد خطای استاندارد واقع شده است، لیکن در پیژومترهای زرمهر، شادمهر و تا حدودی سلطان‌آباد نسبت به سایر پیژومترهای آبخوان اختلاف بیشتر

بین مقادیر مذکور وجود دارد. این موضوع نیاز به مطالعات تکمیلی زمین‌شناسی و هیدروژئولوژی در این بخش از آبخوان را نشان می‌دهد.

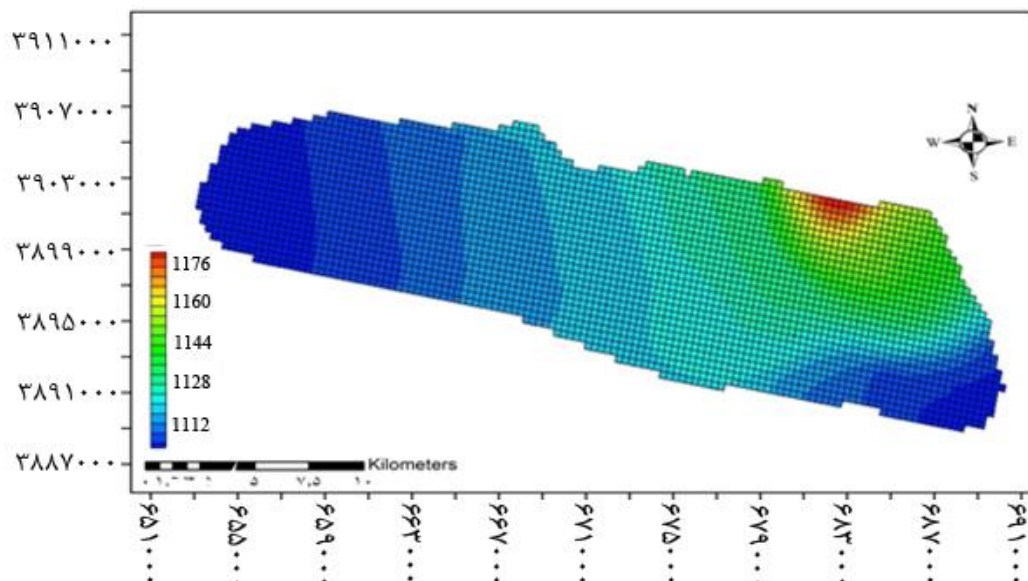


شکل ۴-۷- مقایسه مقادیر محاسباتی و مشاهده‌ای تراز آب پیزومترها در پایان مرحله صحت‌سنجی

۸-۵-۴- خروجی مدل عددی آبخوان ازغند

الف- نقشه هم‌پتانسیل شبیه‌سازی

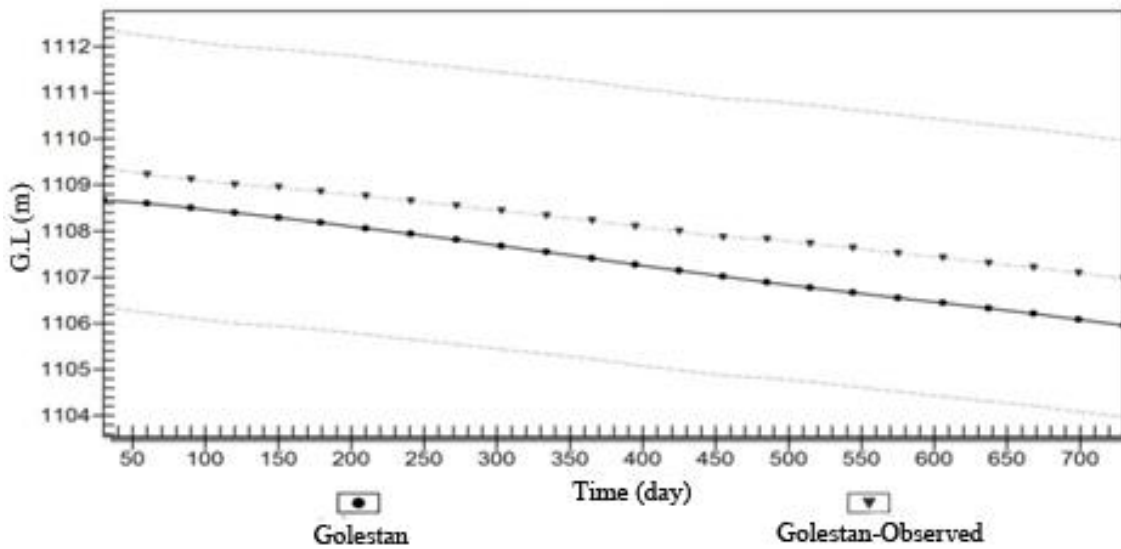
مقایسه مقادیر شبیه‌سازی شده و مشاهده‌ای ارتفاع سطح آب (شکل ۴-۸) نشان‌دهنده انطباق مناسب و بنابراین واسنجی مدل تهیه شده از آبخوان می‌باشد.



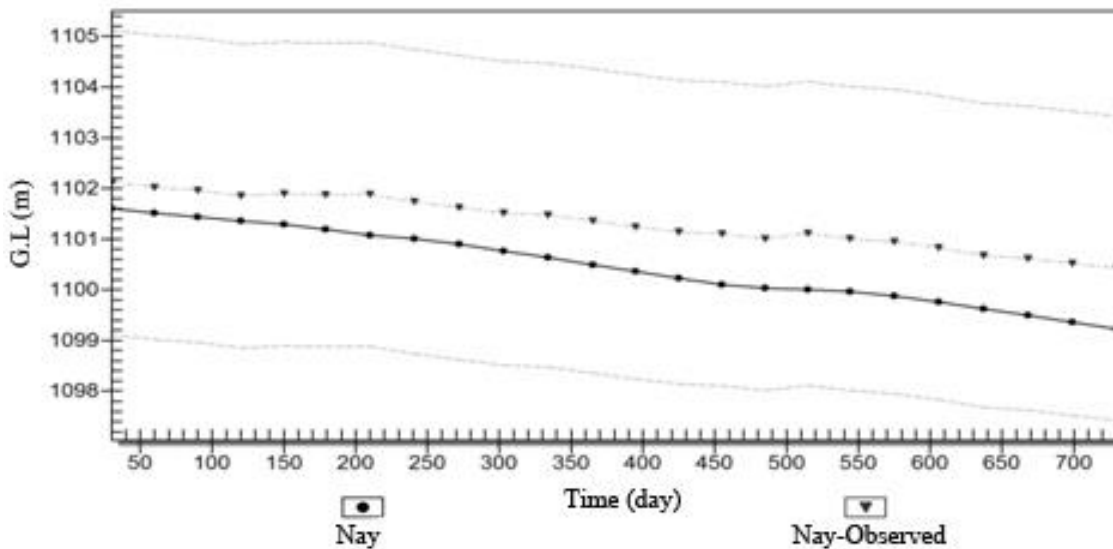
شکل ۴-۸- نقشه هم‌پتانسیل شبیه‌سازی آبخوان ازغند در پایان مرحله واسنجی

ب- تراز شبیه‌سازی شده پیزومترها

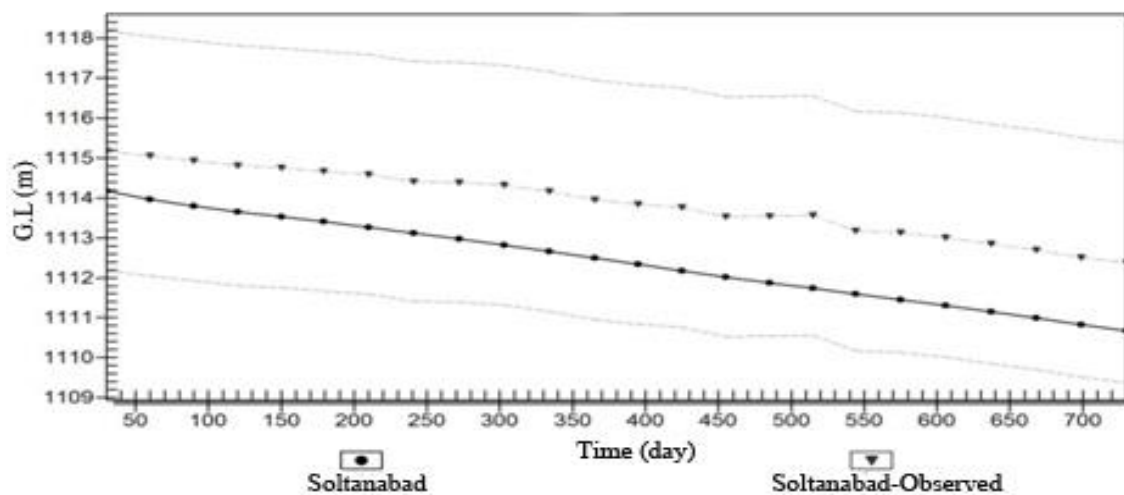
معیار سنجش و عملکرد صحیح نقشه‌های خروجی مدل، میزان تطابق داده‌های واقعی و محاسباتی مدل (با احتساب ضریب خطای تعریف شده که عبارتست از محدوده ده درصدی اختلاف حداکثر و حداقل تراز پتانسیل آب زیرزمینی در آبخوان) در پیزومترها تعریف شده است. نتایج خروجی مدل که دلالت بر وجود خطاها در محدوده استاندارد می‌باشد، در شکل‌های ۴-۹ تا ۴-۱۵ نشان داده شده است.



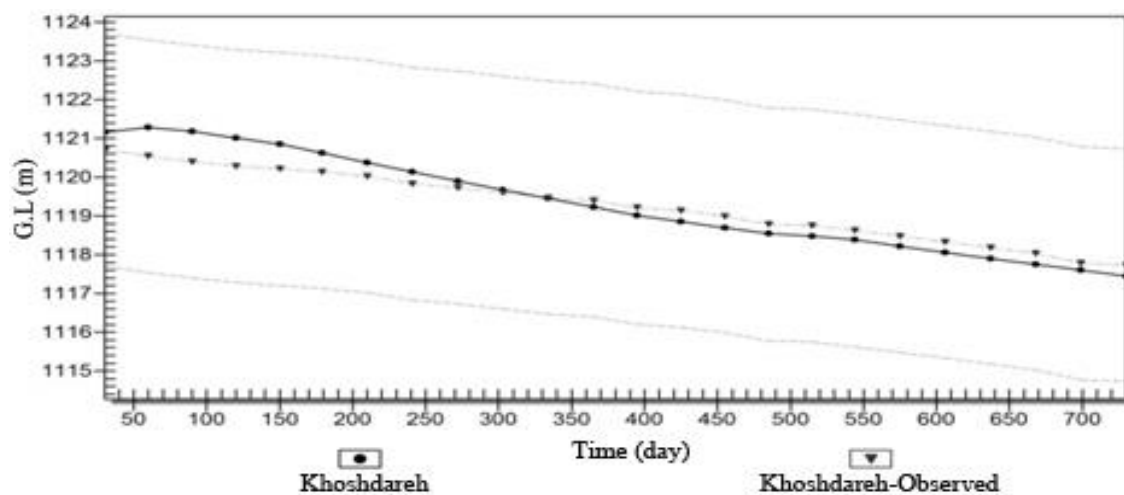
شکل ۴-۹- مقادیر بار مشاهده‌ای و محاسباتی در پیزومتر گلستان



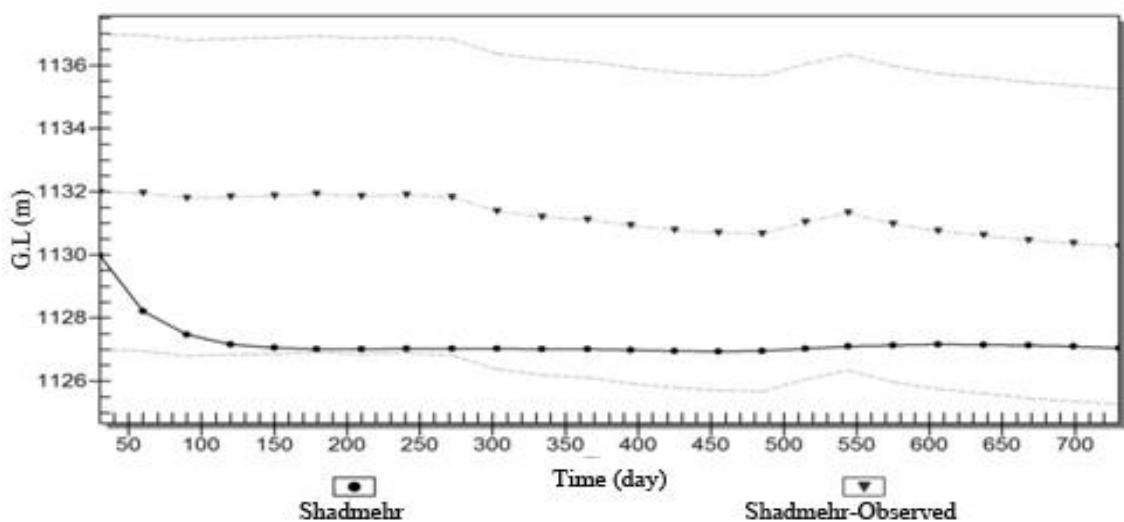
شکل ۴-۱۰- مقادیر بار مشاهده‌ای و محاسباتی در پیزومتر نای



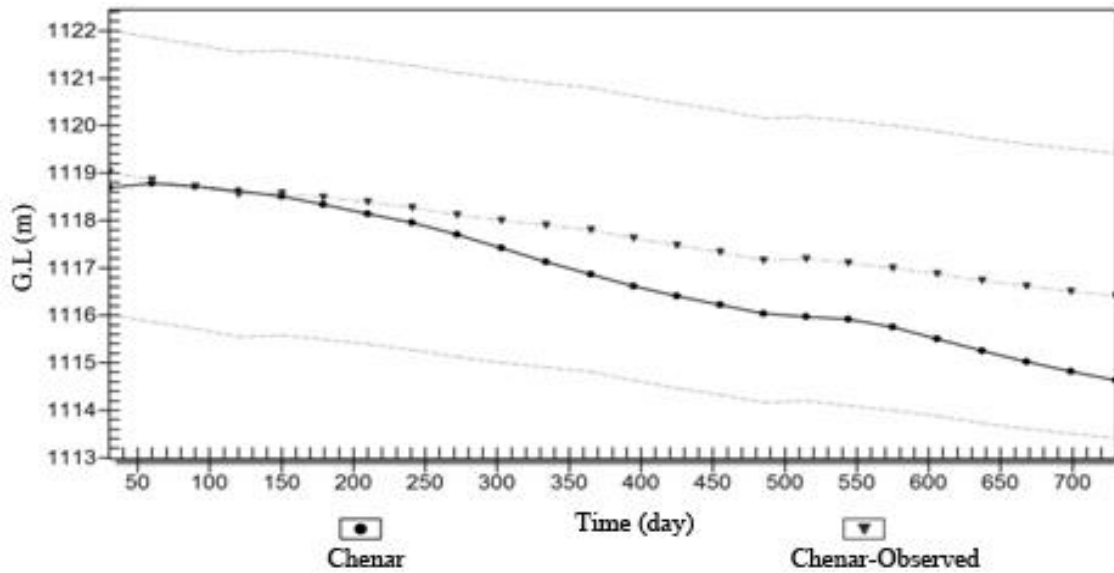
شکل ۴-۱۱- مقادیر بار مشاهده‌ای و محاسباتی در پیزومتر سلطان‌آباد



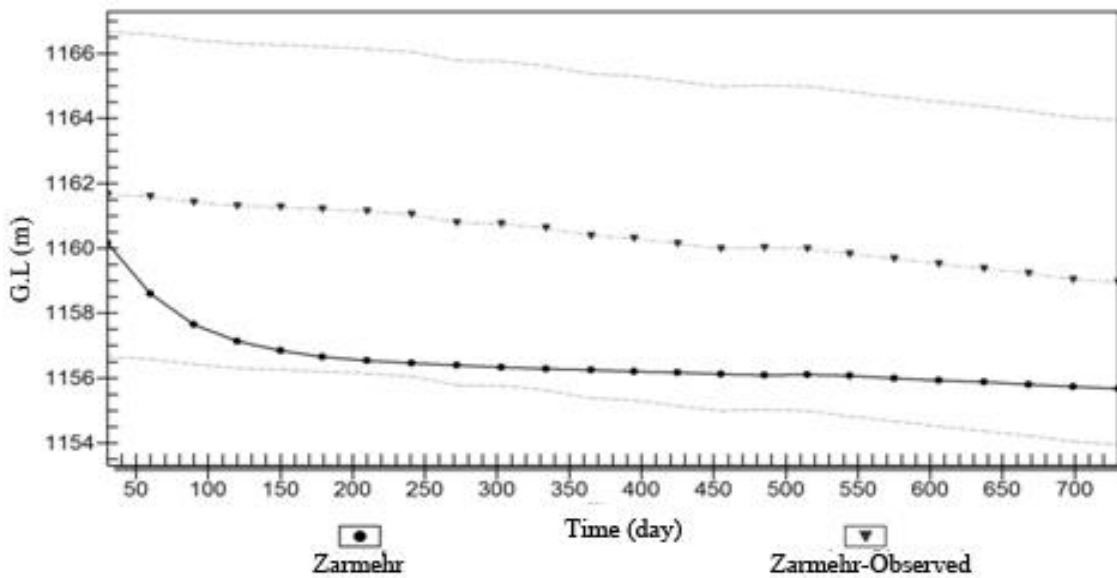
شکل ۴-۱۲- مقادیر بار مشاهده‌ای و محاسباتی در پیزومتر خوشدره



شکل ۴-۱۳- مقادیر بار مشاهده‌ای و محاسباتی در پیزومتر شادمهر



شکل ۴-۱۴- مقادیر بار مشاهده‌ای و محاسباتی در پیزومتر چنار



شکل ۴-۱۵- مقادیر بار مشاهده‌ای و محاسباتی در پیزومتر زرمهر

ج- بیلان آبخوان بر اساس نتایج مدل عددی

پس از اجرای مدل، می‌توان از سربرگ Flow Budget نسبت به دریافت گزارش بیلان مدل برای همه گام‌های زمانی استفاده کرد. قابلیت دریافت گزارش کلی بیلان نیز در مدل عددی وجود دارد. بدین

منظور پس از اجرای مدل نسبت به گزارش گیری بیلان اقدام شده است که نتایج به شرح جدول ۴-۴ می باشد. در پایان دوره واسنجی (۱۲ ماهه) تمامی پارامترهای دخیل در بیلان آبخوان ازغند به صورت تجمعی در جدول مذکور درج شده است که با رعایت خطای کم و استاندارد، نتایج مدل با بیلان واقعی آبخوان همخوانی دارد.

جدول ۴-۴- بیلان کلی محاسبه شده آبخوان ازغند در مدل عددی در پایان دوره واسنجی

VOLUMETRIC BUDGET FOR ENTIRE MODEL AT END OF TIME STEP 1 IN STRESS PERIOD 12					
CUMULATIVE VOLUMES		L**3	RATES FOR THIS TIME STEP		L**3/T
IN:			IN:		
---			---		
STORAGE =	39531336.0000		STORAGE =	66955.0703	
CONSTANT HEAD =	0.0000		CONSTANT HEAD =	0.0000	
WELLS =	0.0000		WELLS =	0.0000	
HEAD DEP BOUNDS =	28632310.0000		HEAD DEP BOUNDS =	79845.6094	
RECHARGE =	8863506.0000		RECHARGE =	24282.9902	
TOTAL IN =	77027152.0000		TOTAL IN =	171083.6719	
OUT:			OUT:		
----			----		
STORAGE =	22629586.0000		STORAGE =	9953.3154	
CONSTANT HEAD =	0.0000		CONSTANT HEAD =	0.0000	
WELLS =	27579996.0000		WELLS =	91373.7031	
HEAD DEP BOUNDS =	26817626.0000		HEAD DEP BOUNDS =	69756.6406	
RECHARGE =	0.0000		RECHARGE =	0.0000	
TOTAL OUT =	77027208.0000		TOTAL OUT =	171083.6562	
IN - OUT =	-56.0000		IN - OUT =	1.5625E-02	
PERCENT DISCREPANCY =	0.00		PERCENT DISCREPANCY =	0.00	
TIME SUMMARY AT END OF TIME STEP 1 IN STRESS PERIOD 12					
	SECONDS	MINUTES	HOURS	DAYS	YEARS
TIME STEP LENGTH	2.67840E+06	44640.	744.00	31.000	8.48734E-02
STRESS PERIOD TIME	2.67840E+06	44640.	744.00	31.000	8.48734E-02
TOTAL TIME	3.15360E+07	5.25600E+05	8760.0	365.00	0.99932

خروجی مدل را می‌توان برای دوره صحت‌سنجی نیز مشاهده نمود. مطابق جدول شماره ۴-۵، بیلان کلی آبخوان ازغند پس از گذشت ۲۴ دوره تنش ماهانه، نشان داده شده است.

جدول ۴-۵- بیلان کلی محاسبه شده آبخوان ازغند در مدل عددی در پایان دوره صحت‌سنجی

VOLUMETRIC BUDGET FOR ENTIRE MODEL AT END OF TIME STEP 1 IN STRESS PERIOD 24					
CUMULATIVE VOLUMES		L**3	RATES FOR THIS TIME STEP		L**3/T
IN:			IN:		
STORAGE =	59628192.0000		STORAGE =	60597.0039	
CONSTANT HEAD =	0.0000		CONSTANT HEAD =	0.0000	
WELLS =	0.0000		WELLS =	0.0000	
HEAD DEP BOUNDS =	57495756.0000		HEAD DEP BOUNDS =	78649.2500	
RECHARGE =	17726800.0000		RECHARGE =	24282.9902	
TOTAL IN =	134850752.0000		TOTAL IN =	163529.2344	
OUT:			OUT:		
STORAGE =	25203746.0000		STORAGE =	382.0265	
CONSTANT HEAD =	0.0000		CONSTANT HEAD =	0.0000	
WELLS =	56805236.0000		WELLS =	92794.8984	
HEAD DEP BOUNDS =	52841780.0000		HEAD DEP BOUNDS =	70350.4922	
RECHARGE =	0.0000		RECHARGE =	0.0000	
TOTAL OUT =	134850768.0000		TOTAL OUT =	163527.4062	
IN - OUT =	-16.0000		IN - OUT =	1.8281	
PERCENT DISCREPANCY =	0.00		PERCENT DISCREPANCY =	0.00	
TIME SUMMARY AT END OF TIME STEP 1 IN STRESS PERIOD 24					
	SECONDS	MINUTES	HOURS	DAYS	YEARS
TIME STEP LENGTH	2.67840E+06	44640.	744.00	31.000	8.48734E-02
STRESS PERIOD TIME	2.67840E+06	44640.	744.00	31.000	8.48734E-02
TOTAL TIME	6.30720E+07	1.05120E+06	17520.	730.00	1.9986

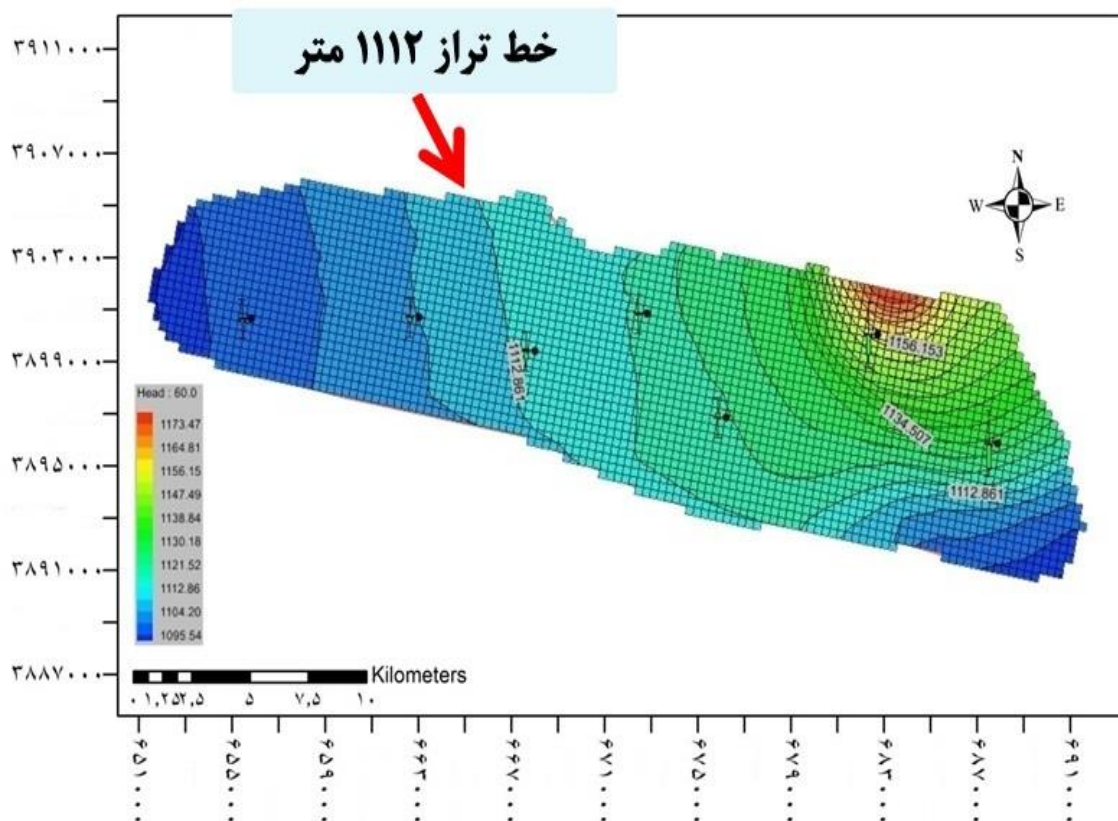
۴-۶- بررسی پایداری آبخوان ازغند در سناریوهای مختلف

هدف نهایی از مدل‌سازی آبخوان ازغند بررسی پایداری آن جهت تامین آب شرب از منابع آب زیرزمینی موجود می‌باشد. در فصول قبل اشاره شد که حدود ۳۴ درصد از حجم آب برداشت شده

آبخوان برای مصارف شرب شهری و روستایی شهرستان‌های مجاور و روستاهای منطقه مورد استفاده قرار گرفته است. جهت بررسی پایداری آبخوان، سناریوهای زیر تعریف و رفتار آبخوان بررسی شده است.

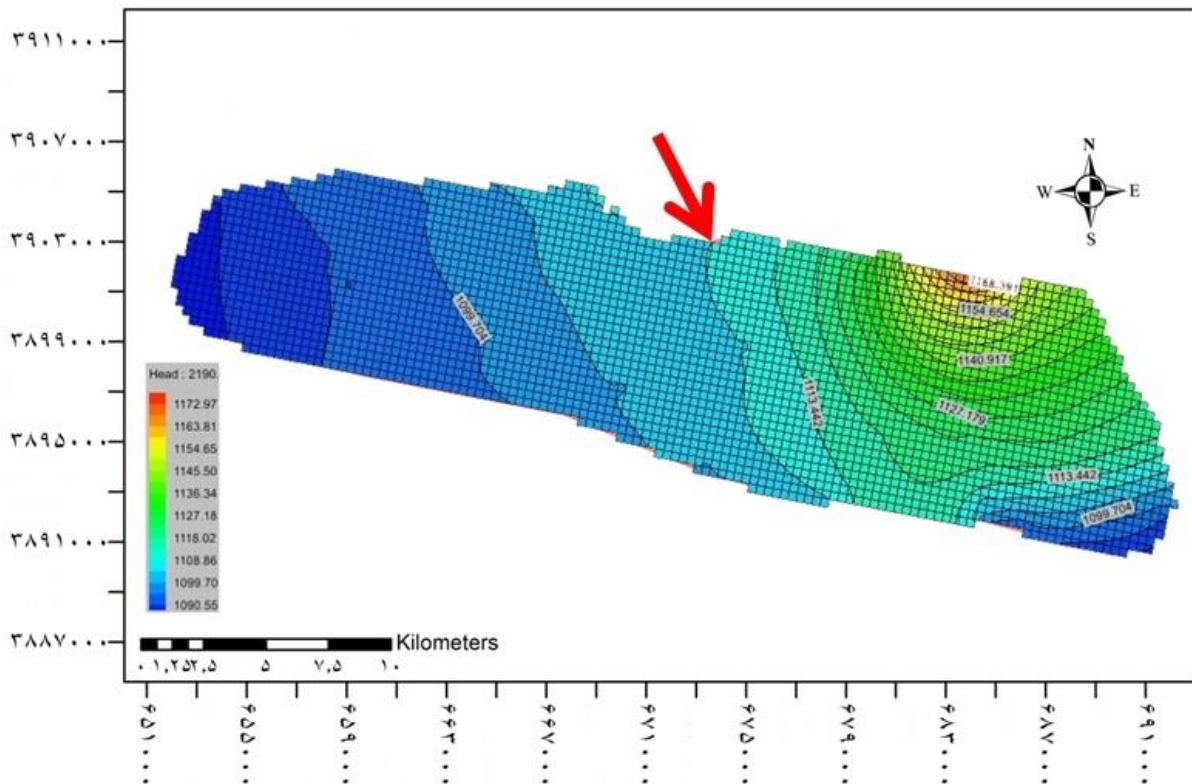
سناریوی اول: ادامه شرایط فعلی

رویه کلی خطوط هم‌پتانسیل در مدل نشانگر آن است که کسری مخزن قابل جبران نیست و با روند افزایشی در حال پیشرفت است. بدین صورت که در دو دوره زمانی سال‌های ۹۴-۹۵ و ۹۵-۹۶ پیشروی خطوط با تراز پتانسیل کمتر از جهت غرب به شرق آبخوان تا محدوده زرمهر و نیز از جنوب به شمال در محدوده شادمهر تا زرمهر قابل مشاهده است. بنابراین با برنامه‌ریزی و آینده‌نگری بایستی جهت کاهش تدریجی آبدهی چاه‌ها آماده بود و کسری آب برداشت شده را از منابع دیگر جبران نمود. خروجی مدل در ابتدای دوره پنج‌ساله (۹۴-۹۹) مطابق شکل ۴-۱۶ می‌باشد.



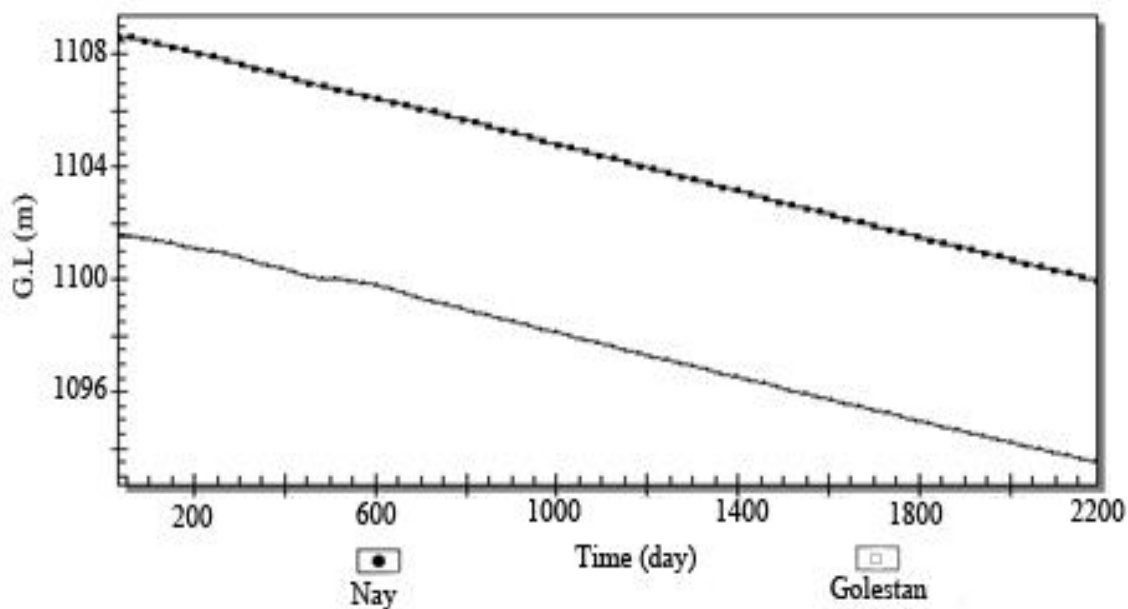
شکل ۴-۱۶- نقشه هم‌پتانسیل آب زیرزمینی در ابتدای دوره ۵ ماهه

در این شکل خط تراز ۱۱۱۲ متر به عنوان شاخص افت سطح آب زیرزمینی با فلش قرمز نشان داده شده است. پس از گذشت پنج سال و اجرای مدل، خروجی سطح آب زیرزمینی مطابق شکل ۴-۱۷ می‌باشد.

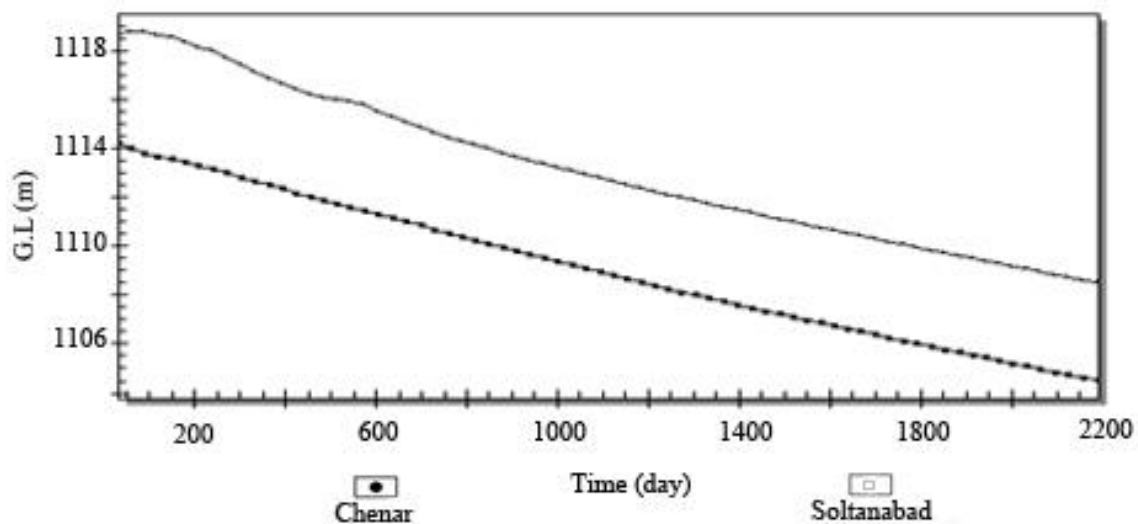


شکل ۴-۱۷- نقشه هم‌پتانسیل آب زیرزمینی در انتهای دوره ۵ ماهه

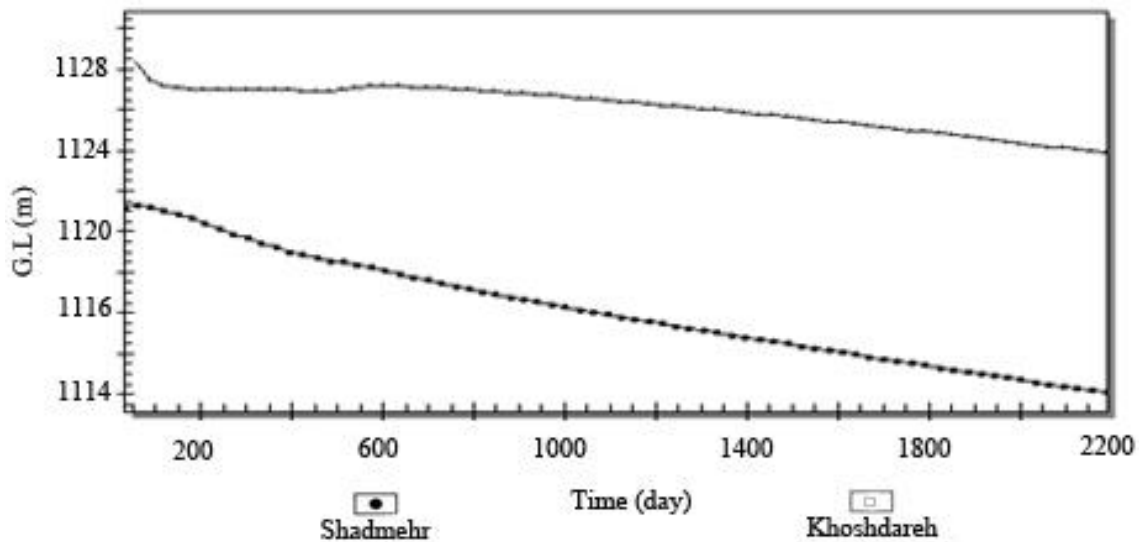
خروجی مدل در پیژومترهای آبخوان در این سناریو طی پنج ساله آتی به شرح شکل‌های ۴-۱۸ تا ۴-۲۱ می‌باشد که دلالت بر ادامه افت سطح آب زیرزمینی با حفظ شرایط فعلی دارد.



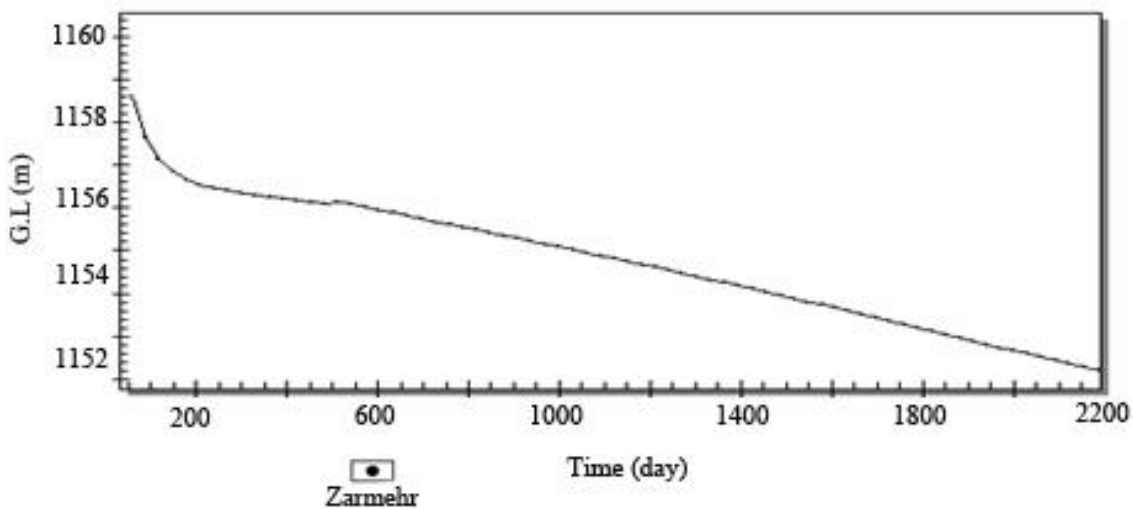
شکل ۴-۱۸- مقادیر بار محاسباتی در پیش‌بینی پنج ساله پیزومترهای گلستان و نای



شکل ۴-۱۹- مقادیر بار محاسباتی در پیش‌بینی پنج ساله پیزومترهای سلطان‌آباد و چنار



شکل ۴-۲۰- مقادیر بار محاسباتی در پیش‌بینی پنج‌ساله پیزومترهای خوشدره و شادمهر



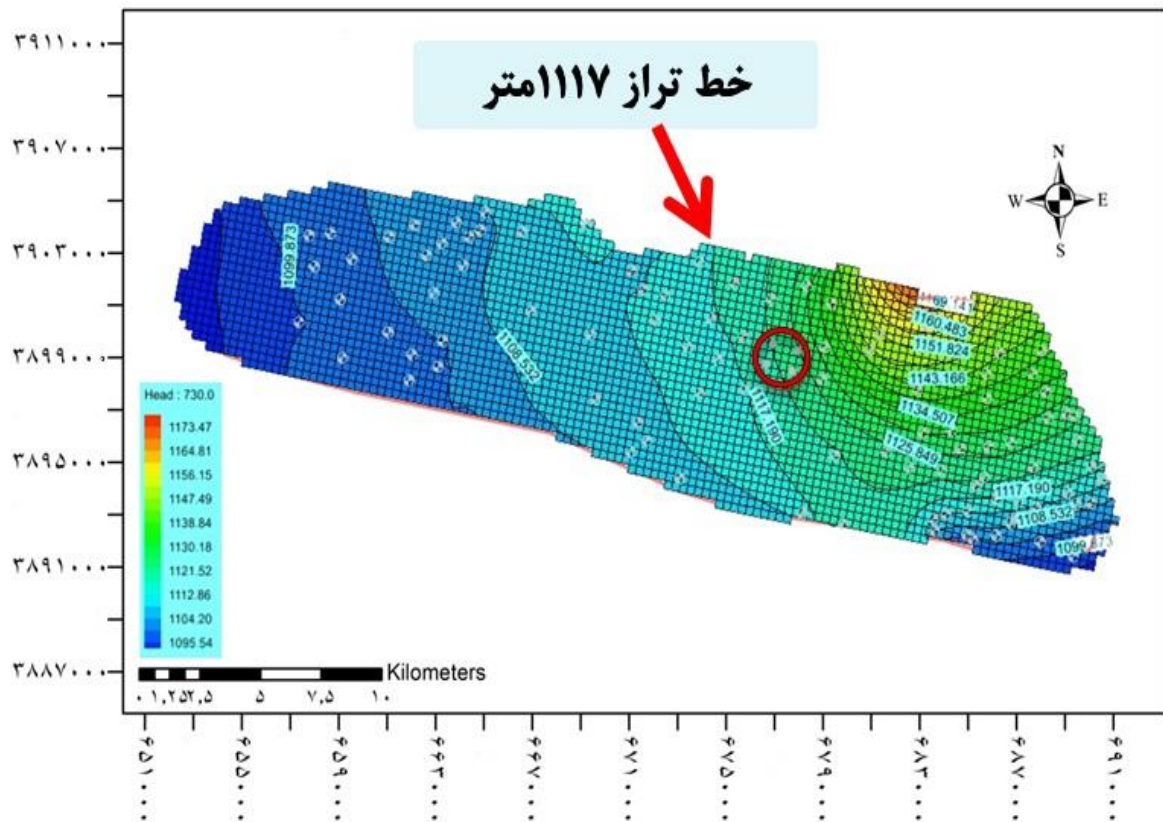
شکل ۴-۲۱- مقادیر بار محاسباتی در پیش‌بینی پنج‌ساله پیزومتر زرمهر

سناریوی دوم: بررسی تاثیر حفر ۴ حلقه چاه جدید

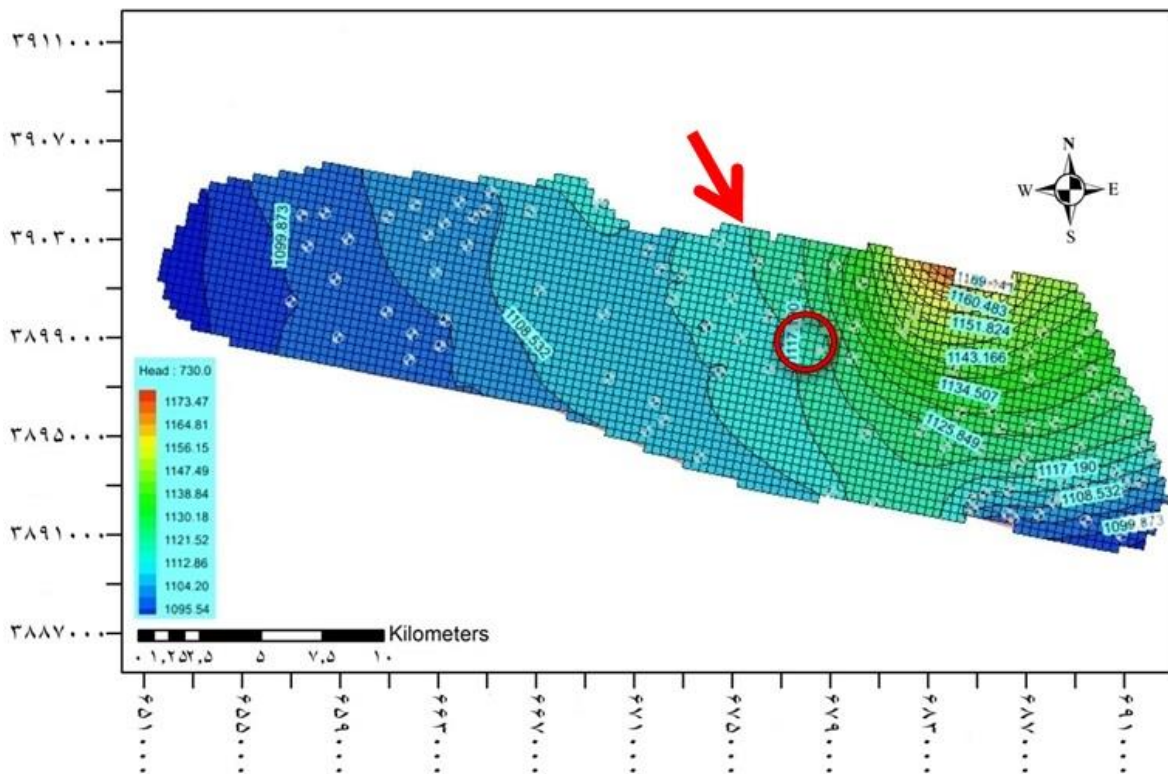
مقرر شده بود تعداد ۱۰ حلقه چاه برای جبران کسری بخشی از آب شرب شهر تربت‌حیدریه در محدود جنوب خوشدره تا سلطان‌آباد حفر گردد. از سال ۹۴ حدود ۵ حلقه چاه حفر و با اجرای خط لوله انتقال آب، ۴ حلقه چاه در مدار بهره‌برداری قرار گرفت. حال مسئله این است که رفتار آبخوان در برابر حفر حداقل چهار حلقه چاه جدید در محدوده جنوب خوشدره چگونه است؟

پس از تعریف نقاط جدید در مدل و تعیین برداشت آب به میزان ۳۰ لیتر در ثانیه در هر حلقه چاه (در مجموع ۱۲۰ لیتر در ثانیه از ۴ حلقه چاه پیشنهادی)، مجدد مدل اجرا و خروجی آن دلالت بر افت

محسوس سطح آب زیرزمینی در آن منطقه دارد (شکل‌های ۲۲-۴ و ۲۳-۴). در این شکل‌ها خط تراز ۱۱۱۷ متر به عنوان شاخص افت سطح آب زیرزمینی با فلش قرمز نشان داده شده است.



شکل ۴-۲۲- نقشه هم‌پتانسیل آب زیرزمینی قبل از تنش ایجاد شده ناشی از حفر ۴ حلقه چاه جدید

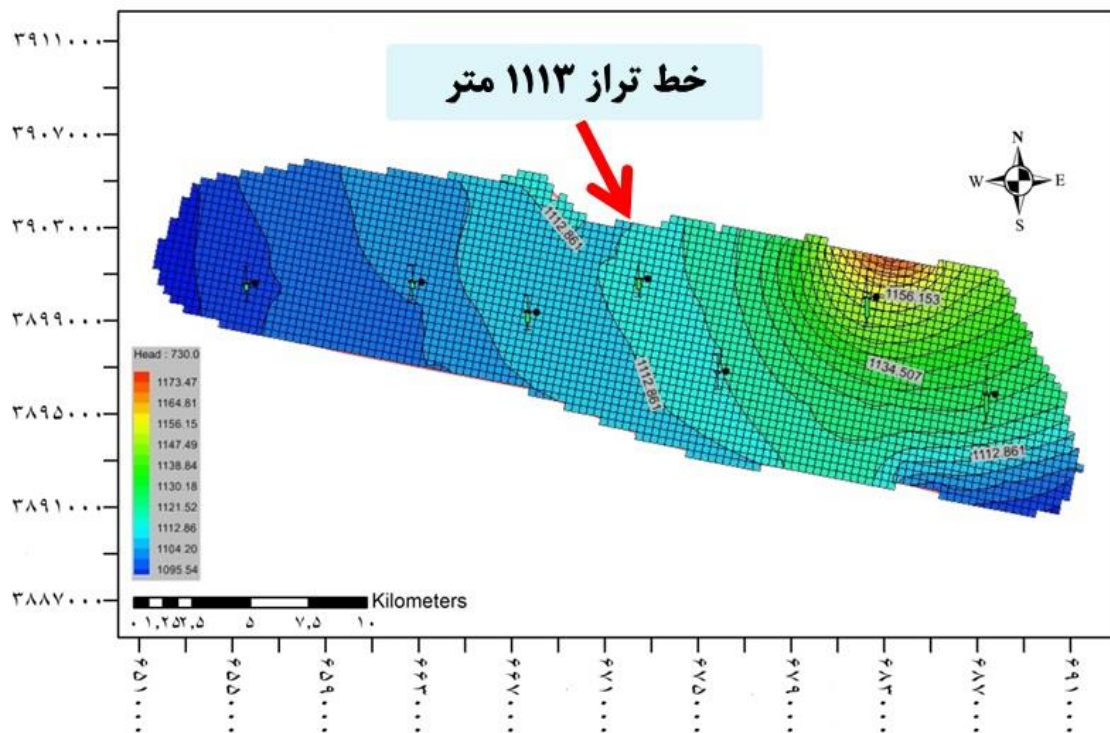


شکل ۴-۲۳- نقشه هم‌پتانسیل آب زیرزمینی پس از تنش ایجاد شده ناشی از حفر ۴ حلقه چاه جدید و گذشت یک سال

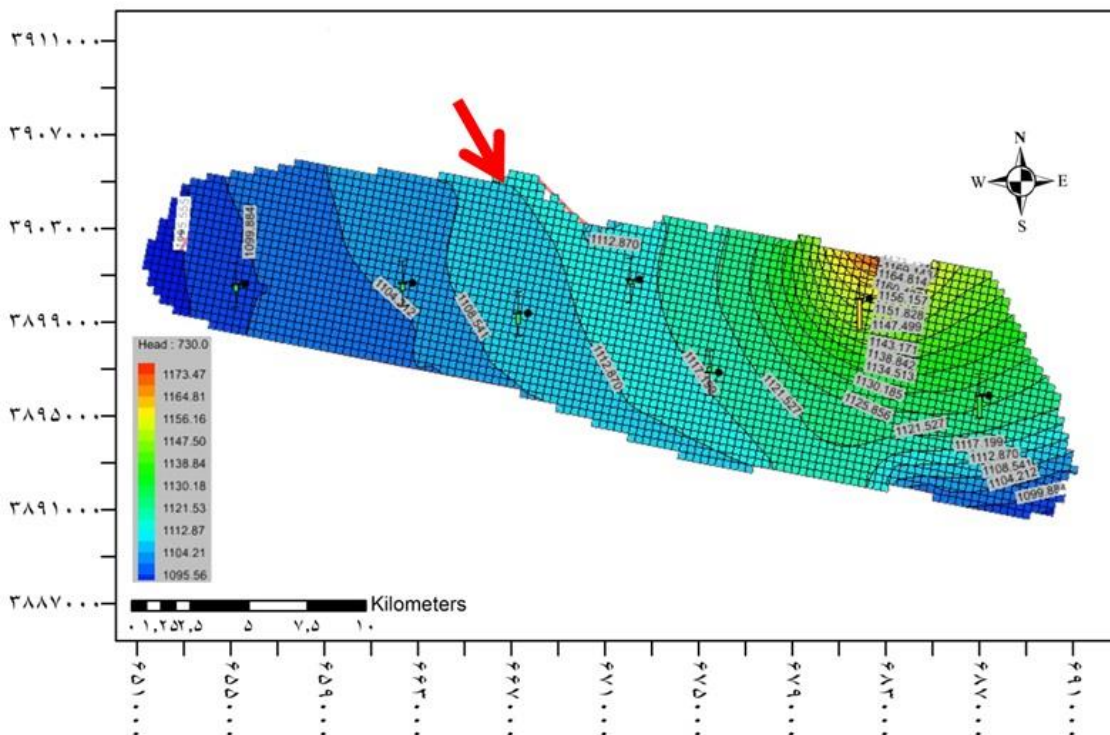
سناریوی سوم: کاهش برداشت چاه‌های کشاورزی

توزیع مکانی نامناسبی در چاه‌های کشاورزی آبخوان ازغند وجود دارد به گونه‌ای که بیش از نیمی از چاه‌های دشت که برداشت ۴۵ درصدی حجم آب کشاورزی را دارند در مساحت یک چهارم شرقی دشت واقع شده‌اند. این امر به همراه خصوصیات هیدروژئولوژیکی منطقه، شیب هیدرولیکی غالب شمالی جنوبی در محدوده مذکور را بوجود آورده است. ابتدا کاهش ۲۰ درصدی در برداشت چاه‌های منطقه شرق آبخوان برای مدل تعریف شد لیکن تغییر محسوسی در خطوط هم‌پتانسیل محدوده چاه‌های شرب مناطق میانی و غربی دشت رخ نداد و همان‌طور که گفته شد تغییرات مکانی زمین‌شناسی و هندسه آبخوان (بالا آمدگی سنگ کف رسی مارنی در محدوده غرب و جنوب غربی زرمهر) دلیل این امر است و عملاً کاهش برداشت از چاه‌های منطقه صرفاً برای آبدهی بهتر چاه‌های شرب همان منطقه تاثیر محسوس دارد. خروجی مدل پس از اعمال این سناریو و گذشت یک سال

مطابق شکل‌های ۴-۲۴ و ۴-۲۵ می‌باشد. در این شکل‌ها خط تراز ۱۱۱۳ متر به عنوان شاخص افت سطح آب زیرزمینی با فلش قرمز نشان داده شده است.



شکل ۴-۲۴- نقشه هم‌پتانسیل آب زیرزمینی قبل از کاهش ۲۰ درصدی برداشت آب کشاورزی منطقه شرقی آبخوان



شکل ۴-۲۵- نقشه هم‌پتانسیل آب زیرزمینی (سناریوی سوم) پس از گذشت یک سال

در کل نظر به اینکه از سال آبی ۹۶-۹۷، شرکت آب منطقه‌ای با جدیت نسبت به تحویل آب حجمی به چاه‌ها اقدام می‌نماید و با توجه به ساعت کارکرد سالانه ۳۹۵۸ دشت ممنوعه ازغند، عملاً امکان کاهش برداشت آب از چاه‌های کشاورزی مقدور نیست و در حال حاضر نیز کشاورزان با مشکلات عدیده‌ای در برنامه‌ریزی کاشت محصولات کشاورزی مواجه هستند.

بنابراین باید در محدوده نزدیک به چاه‌های شرب موجود در سراسر آبخوان به دنبال کاهش آبدهی چاه‌های کشاورزی از طریق خرید حبابه آنها بود.

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۵-۱- مقدمه

با توجه به اینکه در آبخوان ازغند هیچ‌گونه مدل عددی تهیه نشده است، سعی بر آن شد تا با رعایت حداکثری تمامی پارامترهای دخیل در مدل، خطاها به حداقل رسیده و یک مدل اولیه از آبخوان تهیه شود. هر چند جهت تکمیل مدل، احتیاج به عملیات میدانی بیشتر، حفر چاه‌های مشاهده‌ای اضافی در قسمت‌های شمالی و جنوبی دشت و مطالعات زمین‌شناسی بیشتری وجود دارد.

۵-۲- نتایج

تهیه مدل عددی آبخوان ازغند به دلیل تامین بخش قابل توجهی از منابع آب شرب، ضرورت دارد. بدین منظور در قدم اول، مدل مفهومی آبخوان ازغند با جمع‌آوری داده‌های مختلف هیدروژئولوژیکی، زمین‌شناسی، هیدرولوژی و ... تهیه شده است.

برای اطمینان از صحت نتایج خروجی مدل عددی، فرآیندهای آنالیز حساسیت، واسنجی، صحت‌سنجی، بررسی بیلان آبخوان و ... بررسی گردید. با توجه به دید کارشناسی در منطقه و گزارش‌های تکمیلی، کالیبراسیون مدل انجام شده است.

از مدل عددی تهیه شده در نهایت به منظور بررسی سناریوهای مختلف مطرح شده استفاده گردیده است. نتایج مدل دلالت بر ادامه افت سطح ایستابی آبخوان با حفظ شرایط موجود دارد. هم‌چنین حفر هر گونه چاه جدید باعث بروز تنش بیشتر بر آبخوان شده و قابل پیشنهاد نمی‌باشد. با توجه به شرایط خاص توپوگرافی سنگ کف آبخوان، در نیمه شرقی جهت اصلی جریان آب زیرزمینی به صورت شمالی جنوبی بوده و بیشترین تراکم چاه‌های کشاورزی در این ناحیه وجود دارد. سناریوی کاهش ۲۰ درصدی آب کشاورزی (صرف‌نظر از اینکه با توجه به تحویل حجمی آب و افزایش خاموشی سالانه چاه‌های کشاورزی امکان اجرای آن توسط کشاورزان وجود دارد یا خیر) در قسمت‌های میانی و غربی آبخوان (محل وجود چاه‌های شرب) تاثیر محسوسی بر سطح ایستابی آب زیرزمینی ندارد.

۵-۳- پیشنهادها

خرید چاه‌های کشاورزی به منظور تامین آب شرب

بر اساس نتایج تحقیق، عدم حفر هر گونه چاه جدید جهت مصارف شرب در آبخوان ازغند توصیه می‌گردد. در صورت نیاز به تامین بیشتر آب برای مصارف مذکور، می‌بایست صرفاً در خارج از محدوده زرمهر- شادمهر (تمرکز بالای چاه‌های کشاورزی در این منطقه) نسبت به خرید چاه‌های کشاورزی واقع در فاصله نزدیک‌تر به چاه‌های شرب اقدام و موضوع تغییر کاربری انجام شود.

انجام طرح‌های تغذیه مصنوعی

انجام طرح‌های تغذیه مصنوعی در مخروط‌افکنه شمالی دشت می‌تواند به افزایش ورودی جریان آب زیرزمینی آبخوان کمک نماید. مخروط‌افکنه‌های شمالی بالادست چاه‌های شرب جهت این موضوع در اولویت قرار دارند.

مصرف بهینه آب کشاورزی و شرب به منظور کاهش برداشت از منابع آب زیرزمینی

هر چند موارد فوق می‌تواند به پایداری تامین آب شرب کمک نماید، لیکن اصلی‌ترین موضوع در کاهش برداشت‌ها، کاهش مصرف در بخش‌های شرب و کشاورزی است. بدین منظور باید سیاست‌های تشویقی برای مالکین چاه‌های کشاورزی موجود در محدوده چاه‌های شرب ایجاد نمود. هم‌چنین با تجهیز چاه‌های شرب به کنتور هوشمند آب، برداشت آب از این چاه‌ها نیز قانونی و در حد حجم مجاز پروانه‌های صادره باشد.

منابع:

- داده‌های آماری دفتر مطالعات پایه منابع آب شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی
- شرکت مشاور مشهد زمین‌ساخت، ۱۳۹۶، گزارش ممنوعیت آبخوان ازغند
- قدرتی مهران و برزگری فاطمه، ۱۳۹۵، مدل‌های ریاضی آب‌های زیرزمینی
- علیزاده امین، ۱۳۸۸، اصول هیدرولوژی کاربردی
- محمدرضاپور طبری م و ایل‌بیگی م، ۱۳۹۵، ترجمه هیدرولوژی آب زیرزمینی دیویت‌کیث تاد و لاری
- دبلیو میز
- نصیری م و همکاران، ۱۳۹۷، "مدل سازی عددی سیستم جریان آب زیرزمینی دشت ساری - نکا با استفاده از مدل MODFLOW"، سومین کنفرانس بین‌المللی عمران، معماری و طراحی شهری
- کریمی ف و همکاران، ۱۳۹۷، "پیش‌بینی منابع آب زیرزمینی دشت قروه با استفاده از مدل MODFLOW"، هفدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران
- باقری م و همکاران، ۱۳۹۶، "شبیه‌سازی کیفی آبخوان دشت روانسر با مدل MODFLOW"، دومین کنفرانس ملی هیدرولوژی ایران
- ناظری ف، ۱۳۹۷، "مدلسازی حل مناقشات در بهره‌برداری تلفیقی آب‌های سطحی و زیرزمینی دشت سرزه رضوان"، اولین کنفرانس ملی مطالعات و تحقیقات نوین در حوزه علوم زیست‌محیطی و مدیریتی
- صاغی م و کتابچی ح، ۱۳۹۷، "شبیه‌سازی عددی اثر مسدود نمودن چاه‌های غیرمجاز بهره‌برداری بر روی منابع آب زیرزمینی (مطالعه موردی: آبخوان نمدان، استان فارس)"، هفتمین کنفرانس ملی مدیریت منابع آب ایران
- جلیلی س و آشفته پ، ۱۳۹۷، "شبیه‌سازی جریان آب زیرزمینی در آبخوان قم - کهک با استفاده از نرم‌افزار GMS"، هفتمین کنفرانس ملی مدیریت منابع آب ایران

گرامی ر و همکاران، ۱۳۹۶، "اصلاح دبی چاه های پمپاژ به منظور رسانیدن آبخوان به حال تعادل"،

دومین کنفرانس ملی هیدرولوژی ایران

عظیمی ا و همکاران، ۱۳۹۶، "مدلسازی اثرات آبیاری زمین های کشاورزی بر آبخوان"، دومین

کنفرانس ملی هیدرولوژی ایران

K.Hiscock et al, 2007, Modelling land-use scenarios to reduce groundwater nitrate pollution: the European water4All project, Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, 40, 417-434, 2 November 2007.

Sajal Kumar Adhikary et al, 2011, Modelling groundwater flow and salinity intrusion by advective transport in the regional unconfined aquifer of southwest Bangladesh (IS-037). The 3rd International Conference of EACEF (European Asian Civil Engineering Forum) Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Indonesia.

Wriedt and Gunter, 2013, "Modelling of nitrogen transport and turnover during soil and groundwater passage in a small lowland catchment of Northern Germany", Universität Potsdam. Postrema Saecula excessum Nitrogenium in humo et groundwater turnover et parvum passum in campestribus Aquivergium in septemtrionis Germania.

Guoliang et al. 2013, Use of flow modeling to assess sustainability of groundwater resources in the North China Plain, Water Resources Research, Volume 49, Issue 1 Pages 159-175.

Abu-El-Sha'r W and Hatamleh R (2007) Using MODFLOW and MT3D Groundwater Flow and Transport Models As a Management Tool for the Azraq Groundwater System J. Jordan Journal of Civil Engineering. 1(2):153-172 January 2007.

Ahuja LR et al. (1989) Evaluation of spatial distribution of hydraulic conductivity using effective porosity data J. of Soil Science society. Volume 148, Issue 6 Pages 389-403.

Akram F et al. (2012) A Comparative View of Groundwater Flow Simulation Using Two Modelling Software, MODFLOW and MIKE SHE 18th Australasian Fluid Mechanics Conference Launceston.

Anderson M. P. (1984) Movement of contaminants in groundwater: groundwater transport-advection and dispersion in Groundwater Contamination National Academy Press, Washington, DC.

Abstract

Predicting water table fluctuations and changes in the volume of groundwater resources has a great importance in their efficient management. The Azghand aquifer stretches about 289 km² between the cities of Torbat-Heydariyeh, Feyzabad and Kashmar along the east to west. About 66 percent of the aquifer's groundwater resources are used for agricultural purposes, 33 percent for urban and rural drinking and 1 percent for other uses (cattle, poultry, industry, greenhouses, etc.). Azghand aquifer has the most role in supplying the drinking water of Feyzabad, its subsidiary villages and also part of Torbat-Heydariyeh, which it shows the necessitates of further studies on this important aquifer. For this purpose, numerical aquifer model was developed to predict aquifer behavior in different scenarios and to manage this valuable aquifer using MODFLOW computer code in GMS 7.1 software. The calibration of the model is based on the 12-month data of the 2015-2016 water-year and the next water-year statistics were used to validate it. Accordingly, the range of aquifer hydraulic conductivity in numerical model was estimated from 7 to 24 m/day, average storage coefficient of about 6 to 7%, precipitation diffusion coefficient of 10% and return water coefficient of about 20%. A calibrated and validated numerical model was used to predict aquifer behavior in different scenarios (continuation of current conditions, drilling new wells to supply drinking water and reducing harvest from agricultural wells). Based on the numerical model results, the continuation of the current trend without decreasing water harvesting conditions increases the water table drop. Increasing groundwater harvesting by drilling new drinking water wells will further reduce the stationary level and intensify the progression of less potential lines to the north of Zarmehr and Khoshdareh (located northeast of the aquifer). In the third scenario, the reduction of harvest from the current agricultural wells within the drinking water wells will not put more stress on the aquifer.

Keywords: Numerical model, Budget, MODFLOW, Azghand.



Shahrood University of Technology

Faculty of Earth Sciences

MSc. Thesis of Hydrogeology

**Assessing sustainability of Azghand aquifer in Khorasan
Razavi province using a numerical model**

By:

Hadi Omidifar

Supervisor:

Dr. Hadi Jafari

September 2019