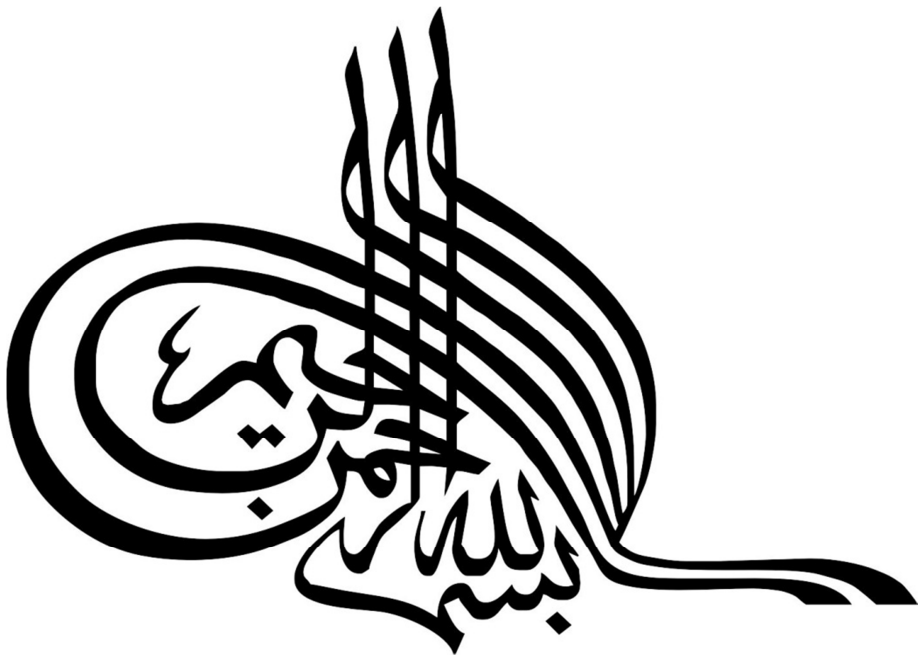






دانشکده : علوم زمین

گروه آبشناسی و زمین شناسی زیست محیطی

مکانیسم جریان آب زیرزمینی در دشت چند سفره‌ای مرنده

خلیل عرفان

استاد راهنما

دکتر هادی جعفری

استاد مشاور

مهندس علی زینالی

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

شهریور ۱۳۹۳

تقديم

:

پدر و مادر عزیزم

بر خود لازم می‌دانم که از زحمات بی‌دریغ آقای دکتر مادی جعفری که که راهنمایی این پایان نامه را بر عهده داشتند و آقای

مهندس علی زینالی که مشاوره این پایان نامه را پذیرفتند کمال تشکر و قدردانی بنمایم. از آقای دکتر غلامحسین کرمی و دکتر

غلامعباس کاظمی و دکتر رحیم باقری به خاطر راهنمایی‌های ارزشمندشان در ارتباط با این پایان نامه پاسکزارم. همچنین از

خانم فارسی کارشناس محترم گروه و سایر کارکنان دانشکده که در انجام این تحقیق من را یاری دادند تشکر می‌نمایم. از هم-

کلاسی با دوستان عزیزم که در این مدت همیشه همراه من بودند صمیمانه پاسکزارم.

چکیده

به آبخوان‌هایی که از دو یا بیش از چند لایه آبدار تشکیل شده باشد، آبخوان چند لایه گفته می‌شود. این آبخوان‌ها می‌توانند از یک لایه آبدار آزاد و چند لایه آبدار محبوس تشکیل شده باشند. برای بررسی جریان آب زیرزمینی در آبخوان‌های چند لایه از لاگ‌های لیتولوژی، تراز سطح ایستابی و تراز پیزومتری، نتایج آزمون پمپاژ و خصوصیات هیدروشیمیایی استفاده می‌گردد. دشت مرند از جمله مناطقی است که از وجود منابع آب سطحی دائمی بی بهره بوده و بهره‌برداری بیش از اندازه از منابع آب زیرزمینی باعث افت سطح آب زیرزمینی شده است. براساس نتایج داده‌های ژئوفیزیکی و لاگ چاه‌های حفر شده در این دشت آبخوان، از نوع چند لایه‌ای تشخیص داده شده است. در قسمت شرق، آبخوان از نوع آزاد بوده و از قسمت میانی آبخوان تا انتهای غربی آن علاوه بر لایه آزاد یک لایه آبدار محبوس نیز گسترش دارد. بررسی نوسانات در چاه‌های مشاهده‌ای (گمانه‌های حفر شده در لایه آزاد) نشان می‌دهد سطح ایستابی دارای روند کاهشی با متوسط نرخ افت ۰/۴۹ متر بر سال می‌باشد. بررسی نوسانات در پیزومترها (گمانه‌های حفر شده در لایه آبدار محبوس) نیز روند کاهشی سطح پیزومتری با نرخ افت ۰/۷ متر بر سال را نشان می‌دهد. خطوط هم پتانسیل در لایه آزاد نشان می‌دهد که این لایه از حاشیه جنوب شرقی، شمالی و شرقی تغذیه و از سمت غرب تخلیه می‌گردد. لایه آبدار محبوس نیز از سمت جنوب شرق تغذیه و از سمت غرب تخلیه می‌شود. با توجه به ضخامت لایه ناتراوا و برداشت همزمان چاه‌ها از هر دو لایه امکان تبادل بین لایه‌های آبدار آزاد و محبوس از طریق لایه ناتراوا بعید به نظر می‌رسد. لیکن امکان تبادل از طریق چاه‌های بهره‌برداری در مواقعی که بهره‌برداری از آنها صورت نمی‌گیرد به دلیل وجود اختلاف انرژی (حداقل ۵ متر و حداکثر ۵۵ متر) محتمل می‌باشد. بررسی داده‌های کیفی نشان داد که تیپ آب در لایه آبدار آزاد در قسمت جنوب شرق آبخوان بی-کربناته و در نواحی دیگر کلروره می‌باشد. تیپ آب در لایه آبدار محبوس از نوع تیپ بی-کربناته می-باشد. میزان هدایت الکتریکی در لایه آبدار آزاد از ۳۳۵ میکروزیمنس بر سانتی‌متر در جنوب شرق تا ۴۸۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر در نواحی غرب لایه می‌رسد. میزان آن در لایه آبدار محبوس از ۸۱۸ میکروزیمنس بر سانتی‌متر در مقطع ورودی لایه تا بیش از ۲۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر در محل خروجی لایه می‌رسد. تشابه تیپ آب زیرزمینی و هدایت الکتریکی در لایه آبدار محبوس با قسمت جنوب شرقی لایه آبدار آزاد نشانگر تغذیه لایه آبدار محبوس از این ناحیه می‌باشد. بررسی نتایج آزمون‌های پمپاژ انجام گرفته برای هر دو لایه مقادیر ۲۰۰ تا ۶۰۰ متر مربع بر روز را برای لایه آبدار آزاد و مقادیر ۲۰۰ تا ۴۰۰ متر مربع بر روز را برای لایه آبدار محبوس نشان می‌دهد.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه.....	۱
۱-۱ بیان مسئله و هدف از انجام مطالعه.....	۱
۲-۱ حدود و موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز مردند.....	۲
۳-۱ مورفولوژی و توپوگرافی منطقه.....	۳
۴-۱ زمین شناسی حوضه آبریز مردند.....	۴
۱-۴-۱ چینه شناسی منطقه.....	۴
۱-۴-۱-۱ پره کامبرین.....	۴
۲-۴-۱-۱ پالئوزوئیک.....	۵
۳-۴-۱-۱ مزوزوئیک.....	۶
۴-۴-۱-۱ سنوزوئیک.....	۶
۵-۴-۱-۱ کواترنر.....	۷
۲-۴-۱ زمین شناسی ساختمانی.....	۹
۵-۱ هیدروژئولوژی آبخوان مردند.....	۱۱
۱-۵-۱ حدود و گسترش آبخوان.....	۱۱
۲-۵-۱ ضخامت لایه‌های آبدار و لایه‌های آبدار محبوس کننده.....	۱۳
۱-۲-۵-۱ ضخامت آبرفت لایه آبدار آزاد.....	۱۳
۲-۲-۵-۱ ضخامت لایه نیمه تراوا.....	۱۳
۳-۲-۵-۱ ضخامت لایه آبدار نیمه محبوس.....	۱۳
۴-۲-۵-۱ ضخامت لایه ناتراوا.....	۱۳
۵-۲-۵-۱ ضخامت آبرفت لایه آبدار محبوس.....	۱۴
۳-۵-۱ منابع آب سطحی.....	۱۹
۶-۱ آب و هوای منطقه مورد مطالعه.....	۲۰

فصل دوم: مروری بر مطالعات گذشته.....	۲۳
۱-۲ مقدمه.....	۲۳
۲-۲ آبخوان چند لایه.....	۲۳
۳-۲ مکانیسم جریان در آبخوان چند لایه.....	۲۴
۱-۳-۲ بررسی لاگ لیتولوژی.....	۲۵
۲-۳-۲ بررسی تراز سطح ایستابی و تراز پیزومتری.....	۲۶
۳-۳-۲ بررسی آزمون پمپاژ.....	۲۹
۵-۳-۲ بررسی بیلان آب.....	۳۱
۴-۲ مطالعات انجام شده قبلی در آبخوان مرنده.....	۳۲
فصل سوم: روش انجام کار.....	۳۵
۱-۳ جمع آوری داده‌های کمی و کیفی آب زیرزمینی.....	۳۵
۲-۳ بررسی داده‌های زمین شناسی در محدوده حوضه آبریز مرنده.....	۳۵
۳-۳ بررسی داده‌های هیدروژئولوژیکی.....	۳۶
۱-۳-۳ ترسیم خطوط هم پتانسیل.....	۳۶
۴-۳ بررسی داده‌های هیدروشیمیایی.....	۳۶
فصل چهارم: بررسی مکانیسم جریان در آبخوان مرنده.....	۳۹
۱-۴ مقدمه.....	۳۹
۲-۴ آبخوان مرنده.....	۴۰
۱-۲-۴ لایه آبدار آزاد.....	۴۰
۲-۲-۴ لایه آبدار محبوس.....	۴۱
۳-۲-۴ منابع آب زیرزمینی.....	۴۴
۳-۴ رفتارسنجی چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها.....	۴۶
۱-۳-۴ رفتار سنجی چاه‌های مشاهده‌ای لایه آبدار آزاد.....	۴۷
۱-۱-۳-۴ چاه‌های مشاهده‌ای گروه اول- زیر گروه اول.....	۴۹

۴-۱-۳-۲	چاه‌های مشاهده‌ای گروه اول - زیر گروه دوم.....	۵۱
۴-۱-۳-۳	گروه دوم.....	۵۳
۴-۱-۳-۴	گروه سوم.....	۵۵
۴-۳-۲	بررسی پیزومترهای لایه آبدار محبوس.....	۵۸
۴-۳-۳	هیدروگراف معرف آبخوان مرند.....	۶۱
۴-۴	نقشه هم پتانسیل، جهت و شیب جریان آب زیرزمینی در آبخوان مرند.....	۶۲
۴-۴-۱	لایه آبدار آزاد.....	۶۲
۴-۴-۲	لایه آبدار محبوس.....	۶۴
۴-۵	بررسی الگوی جریان در لایه آبدار محبوس براساس خصوصیات کیفی.....	۶۵
۴-۵-۱	هدایت الکتریکی لایه آبدار آزاد.....	۶۶
۴-۵-۲	هدایت الکتریکی لایه آبدار محبوس.....	۶۷
۴-۵-۲	تیپ آب زیرزمینی آبخوان مرند.....	۶۸
۴-۵-۲-۱	تیپ آب زیرزمینی لایه آبدار آزاد.....	۶۸
۴-۵-۲-۲	تیپ آب زیرزمینی در لایه آبدار محبوس.....	۷۰
۴-۶	تعیین ضریب قابلیت انتقال آبخوان.....	۷۲
۴-۷	بررسی ارتباط لایه‌های آبدار با یکدیگر و تعیین مکانیسم جریان.....	۷۳
	فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها.....	۷۹
۵-۱	نتیجه‌گیری.....	۷۹
۵-۲	پیشنهادها.....	۸۲
	پیوست‌ها.....	۸۳
	منابع.....	۱۰۱

فهرست شکل ها

- شکل ۱-۱) موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه و راههای دسترسی به آن ۲
- شکل ۲-۱) نقشه مورفولوژی حوضه آبریز مرند در محیط Google Earth ۴
- شکل ۳-۱) نقشه زمین شناسی حوضه آبریز مرند ۱۰
- شکل ۴-۱) محدوده لایه‌های آبخوان مرند در نقشه حوضه آبریز مرند ۱۲
- شکل ۵-۱) مقطع CL: لایه‌بندی آبرفت دشت مرند در امتداد شرق - غرب ۱۵
- شکل ۶-۱) مقطع 1: لایه‌بندی آبرفت دشت مرند در امتداد شمال - جنوب ۱۶
- شکل ۷-۱) مقطع 2: لایه‌بندی آبرفت دشت مرند در امتداد شمال - جنوب ۱۶
- شکل ۸-۱) مقطع 3: لایه‌بندی آبرفت دشت مرند در امتداد شمال - جنوب ۱۷
- شکل ۹-۱) مقطع 4: لایه‌بندی آبرفت دشت مرند در امتداد شمال - جنوب ۱۷
- شکل ۱۰-۱) مقطع 5: لایه‌بندی آبرفت دشت مرند در امتداد شمال - جنوب ۱۸
- شکل ۱۱-۱) مقطع 6: لایه‌بندی آبرفت دشت مرند در امتداد شمال - جنوب ۱۸
- شکل ۱۲-۱) نمودار دبی رودخانه زنوزچای برای یک دوره آماری ۲۷ ساله (۱۳۹۱-۱۳۶۴) ۲۰
- شکل ۱۳-۱) منحنی امبروترمیک حوضه آبریز مرند برای یک دوره آماری ۱۲ ساله (۱۳۷۹-۹۱) ۲۲
- شکل ۱-۲) مقطع شماتیک از یک آبخوان چند لایه (Rushton, 2003) ۲۳
- شکل ۲-۲) مقطع شماتیکی از آبخوان واناتاویلو (Lawrence and Dharmagunwadana, 1983) ۲۶
- شکل ۳-۲) مقطعی از آبخوان مهسانا (Mehsana) و تبادل آب بین لایه‌های آبخوان ۲۷
- شکل ۴-۲) تغییرات سطح آب نسبت به بارش در لایه‌های مختلف آبخوان مهسانا ۲۸
- شکل ۵-۲) نقشه خطوط هم پتانسیل آبخوان واناتاویلو ۲۹
- شکل ۶-۲) مقطع شماتیک از مکانیسم جریان در آبخوان واناتاویلو ۲۹
- شکل ۷-۲) مقطع شماتیک از آبخوان سان لویس پوتوسی (Carrillo and Rivera, 1992) ۳۱

- شکل ۳-۱) نقشه موقعیت چاه‌های انتخابی بر روی آبخوان مردند..... ۳۷
- شکل ۴-۱) سطح آب زیرزمینی در مقطع طولی آبخوان..... ۴۱
- شکل ۴-۲) موقعیت لایه‌های آبدار آزاد و آبدار محبوس آبخوان مردند در نقشه حوضه آبریز..... ۴۲
- شکل ۴-۳) مقاطع طولی مشخص کننده لایه‌بندی آبرفت دشت مردند در امتداد شرق - غرب..... ۴۳
- شکل ۴-۴) موقعیت چاه‌های بهره‌برداری بر روی آبخوان مردند..... ۴۴
- شکل ۴-۵) موقعیت چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترهای حفاری شده در آبخوان مردند..... ۴۶
- شکل ۴-۶) موقعیت چاه‌های مشاهده‌ای گروه اول - زیر گروه اول (لایه آبدار آزاد)..... ۵۰
- شکل ۴-۷) هیدروگراف چاه‌های مشاهده‌ای گروه اول - زیر گروه اول..... ۵۰
- شکل ۴-۸) موقعیت چاه‌های مشاهده‌ای گروه اول - زیر گروه دوم (لایه آبدار آزاد)..... ۵۲
- شکل ۴-۹) هیدروگراف چاه‌های مشاهده‌ای گروه اول - زیر گروه دوم..... ۵۲
- شکل ۴-۱۰) موقعیت چاه‌های مشاهده‌ای گروه دوم (لایه آبدار آزاد)..... ۵۴
- شکل ۴-۱۱) هیدروگراف چاه‌های مشاهده‌ای گروه دوم..... ۵۴
- شکل ۴-۱۲) موقعیت چاه‌های مشاهده‌ای گروه سوم (لایه آبدار آزاد)..... ۵۶
- شکل ۴-۱۳) هیدروگراف چاه‌های مشاهده‌ای گروه سوم..... ۵۶
- شکل ۴-۱۴) موقعیت پیزومترهای لایه آبدار محبوس..... ۵۹
- شکل ۴-۱۵) هیدروگراف پیزومترهای لایه آبدار محبوس..... ۶۰
- شکل ۴-۱۶) هیدروگراف معرف لایه آبدار آزاد (آبخوان مردند)..... ۶۱
- شکل ۴-۱۷) هیدروگراف معرف لایه آبدار محبوس (آبخوان مردند)..... ۶۱
- شکل ۴-۱۹) نقشه هم پتانسیل لایه آبدار محبوس..... ۶۴
- شکل ۴-۲۰) توزیع چاه‌های حفر شده در لایه آبدار محبوس به همراه عمق آنها..... ۶۵
- شکل ۴-۲۲) مقادیر هدایت الکتریکی در لایه آبدار محبوس (آبخوان مردند)..... ۶۷
- شکل ۴-۲۳) نمودار پایپر چاه‌های حفر شده در لایه آبدار آزاد آبخوان مردند..... ۶۹

- شکل ۴-۲۴) نقشه هم تپ آب زیرزمینی لایه آبدار آزاد آبخوان مردند..... ۷۰
- شکل ۴-۲۵) نمودار پایپر چاه‌های حفر شده در لایه آبدار محبوس..... ۷۱
- شکل ۴-۲۶) تپ آب در چاه‌های حفر شده در لایه آبدار محبوس..... ۷۱
- شکل ۴-۲۷) نقشه هم قابلیت انتقال لایه آبدار آزاد آبخوان مردند..... ۷۲
- شکل ۴-۲۸) مقادیر قابلیت انتقال در بخش‌های مختلف لایه آبدار محبوس..... ۷۳
- شکل ۴-۲۹) ارتفاع سطح ایستابی و سطح پیزومتری در روی مقطع طولی آبخوان..... ۷۴
- شکل ۴-۳۱) اختلاف پتانسیل تراز انرژی بین لایه آبدار آزاد و آبدار محبوس..... ۷۵
- شکل ۴-۳۲) طرح شماتیکی از چاه‌های بهره‌برداری در آبخوان مردند..... ۷۷

فهرست جدول‌ها

- جدول (۱-۱) آمار متوسط دبی ماهانه زنوزچای برای یک دوره آماری ۲۷ ساله (۱۳۹۱-۱۳۶۴)..... ۱۹
- جدول (۲-۱) آمار بارندگی و درجه حرارت برای یک دوره ۱۲ ساله از سال ۱۳۷۹-۹۱..... ۲۱
- جدول (۳-۱) طبقه بندی دمارتن..... ۲۲
- جدول (۱-۴) خلاصه آمار منابع آب زیرزمینی مرند، براساس تعداد چاه، چشمه، قنات..... ۴۵
- جدول (۲-۴) مشخصات چاه‌های مشاهده‌ای آبخوان مرند (لایه آبدار آزاد)..... ۴۷
- جدول (۳-۴) تقسیم بندی چاه‌های مشاهده‌ای بر اساس رفتار هیدروگراف و نرخ افت..... ۴۹
- جدول (۴-۴) مشخصات پیزومترهای حفر شده در آبخوان مرند (لایه آبدار محبوس)..... ۵۸
- جدول (۵-۴) چاه‌های حفر شده در لایه آبدار محبوس و مقادیر هدایت الکتریکی آنها..... ۶۵

فصل اول: مقدمه

۱-۱ بیان مسئله و هدف از انجام مطالعه

در مناطق خشک و نیمه خشک بخش عمده‌ای از مصارف آب خانگی، کشاورزی و صنعت به وسیله بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود. در دهه‌های اخیر در پی افزایش بهره‌برداری از آبخوان‌های زیرزمینی به دلیل افزایش جمعیت و رشد کشاورزی و صنعت، به‌ویژه در مناطقی که منابع آب سطحی کم می‌باشد، سهم منابع آب زیرزمینی در تأمین نیازهای آبی بسیار بالا بوده و بنابراین روند کاهش حجم مخزن آبخوان‌ها تشدید شده است.

دشت مرنده در استان آذربایجان شرقی با وسعتی در حدود ۷۳۸ کیلومتر مربع مهمترین منبع تامین آب جهت مصارف مختلف به ویژه کشاورزی می‌باشد. ساختمان اصلی دشت مرنده از رسوبات آبرفتی شامل شن و ماسه و لایه‌های ضخیم رس تشکیل شده است. نتایج مطالعات در این دشت نشان می‌دهد لایه‌های آبدار آبرفتی مضاعف یا لایه‌های آبدار آزاد و محبوس با ضخامت‌های متفاوت روی هم قرار گرفته‌اند. وجود لایه‌های مختلف آبدار آزاد، محبوس و نیمه‌محبوس در دشت مرنده تأیید کننده چند لایه‌ای بودن سیستم آب زیرزمینی در آبخوان مرنده می‌باشد. نظر به اهمیت آبخوان مرنده، هدف از این مطالعه شناخت مکانیسم جریان، بررسی ارتباط لایه‌های آبدار و ارزیابی خواص هیدرودینامیکی آبخوان برای مدیریت بهینه بهره‌برداری از این آبخوان می‌باشد.

۱-۲ حدود و موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز مرند

محدوده مرند در حد فاصل طول‌های جغرافیایی $45^{\circ}15'$ و $46^{\circ}05'$ شرقی و عرض‌های جغرافیایی $38^{\circ}18'$ و $38^{\circ}46'$ شمالی قرار گرفته است. این محدوده در شمال غرب ایران و مهمترین شهر مستقر در آن به نام مرند در ۶۰ کیلومتری شمال غربی شهر تبریز واقع شده است. حدود جغرافیایی این محدوده شامل خط‌الرأس ارتفاعات مشترک با محدوده مطالعاتی جلفا-دوزال در شمال، خط-الرأس ارتفاعات مشترک با محدوده مطالعاتی تبریز از شرق و جنوب شرقی، خط‌الرأس ارتفاعات مشترک با محدوده مطالعاتی صوفیان، شبستر و تسوج در جنوب و حد مشترک با محدوده مطالعاتی قره‌ضیاالدین در غرب می‌شود.

وسعت کل حوضه آبریز مرند $1878/5$ کیلومتر مربع بوده که 510 کیلومتر مربع آن را پهنه‌های آبرفتی (دشت) تشکیل می‌دهد. خط راه آهن و جاده آسفalte تبریز-جلفا و جاده آسفalte تبریز-بازرگان از داخل محدوده مورد مطالعه عبور می‌کند.



شکل (۱-۱) موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه و راه‌های دسترسی به آن

۳-۱ مورفولوژی و توپوگرافی منطقه

حوضه آبریز مرند به شکل حوضه‌ای کشیده‌ای در امتداد شرقی- غربی بوده که قطر بزرگ آن دارای طول ۶۳ کیلومتر و قطر کوچک آن دارای طولی متوسط ۳۰ کیلومتر است. دشت آبرفتی که در مرکز حوضه قرار گرفته دارای امتدادی مشابه با امتداد حوضه است. شکل و نحوه گسترش منطقه به طور کلی با امتداد ساختمان‌های زمین شناسی انطباق داشته، به طوری که طرح شبکه زهکشی سطحی نیز تحت تاثیر روندهای ساختمان زمین شناسی منطقه می‌باشد.

به‌طور کلی سیستم مورفولوژی محدوده شامل بخش فرو افتاده مرکزی که توسط رسوبات آبرفتی کواترنر پوشیده شده است و بخش مرتفع حاشیه که به صورت ارتفاعات کوتاه و بلند از هر سو دشت آبرفتی را احاطه نموده‌اند. کوه‌های میشو و پیرداغ در جنوب و کوه‌های بوقداغ و قلعه داغ در شمال دشت مهمترین ارتفاعات منطقه را تشکیل می‌دهند (شکل ۱-۲). بلندترین نقطه ارتفاعی در محدوده مربوط به خط الرأس ارتفاعات بوقداغ با ۳۲۶۴ متر در منتهی الیه ارتفاعات شمال شرقی و پست ترین نقطه ارتفاعی مربوط به بخش خروجی دشت واقع در انتهای غربی دشت و در مجاورت رودخانه زلیبیرچای به میزان ۱۱۸۲ متر می‌باشد.

شیب عمومی حوضه آبریز از شرق و جنوب شرق به سمت غرب و شمال غرب می‌باشد. بنابراین تمامی جریان‌های سطحی و زیرزمینی به طور عام در جهت مذکور حرکت می‌نمایند.

دشت آبرفتی در قالب نواحی تپه ماهوری حاشیه، در بخش نیمه مسطح مرکزی و بخش مسطح غربی قابل تفکیک می‌باشد. پستی و بلندی‌های سنگ کف و بریده شدن تراس‌های قدیمی توسط مسیل‌ها و رودخانه‌ها و استقرار مخروط افکنه‌های دانه درشت باعث ایجاد مورفولوژی تپه ماهوری در حاشیه شرقی و جنوبی دشت گردیده است. در محور مرکزی دشت و حواشی رودخانه زلیبیرچای زمین‌های نسبتاً مسطحی قرار گرفته‌اند که به سمت حاشیه شمال و شمال غرب به‌تدریج مسطح‌تر شده و در بخش غربی که مطابق با منطقه خروجی دشت نیز می‌باشد، سطح زمین کاملاً مسطح بوده و از شیب

بسیار ناچیزی برخوردار است. در این منطقه خاک بسیار دانه ریز بوده و به دلیل بالا بودن سطح آب و تجمع آب و تبخیر آن در سطح زمین، نمک فراوان در ترکیب خاک سطحی ظاهر می‌گردد.



شکل (۱-۲) نقشه مورفولوژی حوضه آبریز مرند در محیط Google Earth

۴-۱ زمین شناسی حوضه آبریز مرند

حوضه آبریز مرند از نظر تقسیم بندی زون‌های زمین شناسی ایران جزء بخشی از زون البرز غربی و آذربایجان می‌باشد. رسوبات زمین‌شناسی در این منطقه از تنوع زیادی برخوردار می‌باشد. در ادامه زمین‌شناسی حوضه آبریز مرند مورد مطالعه قرار گرفته است.

۱-۴-۱ چینه شناسی منطقه

۱-۴-۱-۱ پره کامبرین

مجموع رخنمون‌های متعلق به پره کامبرین در محدوده مرند ۲۵/۲۵ کیلومتر مربع بوده و قدیمی‌ترین سازند رخنمون یافته سازند کهر است. لیتولوژی این سازند شامل سیرسیت آرژیل دار تا شیل-

هایی به رنگ سبز تا خاکستری که به صورت محلی به رنگ‌های خاکستری متمایل به قرمز و خاکستری تیره در می‌آیند. در آن همچنین انترکلاسیون های ماسه سنگ کوارتزی، دولومیت قهوه-ای زرد سنگ آهک کریستالین به رنگ تیره و مواد آتشفشانی وجود دارد. در منطقه مرنند ترکیب آن بیشتر از کلریت، سربیسیت و توف می‌باشد.

۱-۴-۱ پالتوزوئیک

۱-۴-۱-۲ کامبرین - اردوئیسین

سازندهای متعلق به این سن به نام‌های سلطانیه، باروت، لالون و میلا شناخته می‌شوند. سازند سلطانیه بصورت محدودی در ارتفاعات جنوبی و کوهناب زنوز در شمال محدوده مرنند رخنمون دارند و لیتولوژی آن عمدتاً شامل دولومیت ضخیم می‌باشد. سازند باروت به صورت بسیار محدود در ارتفاعات جنوبی منطقه (میشو) رخنمون دارد و شامل تناوبی از لایه‌های دولومیت، آهک و شیل می‌باشد. سازند لالون به صورت محدود در کوه‌های جنوبی منطقه رخنمون دارد که ترکیب لیتولوژیک آن ماسه سنگ کوارتزی به رنگ سفید، شیل ماسه سنگی به رنگ تیره و ماسه سنگ قرمز تیره به ترتیب از بالا به پایین می‌باشد. سازند میلا بصورت بسیار محدود در ارتفاعات جنوبی رخنمون دارد و شامل دولومیت، شیل و آهک درشت می‌باشند.

۱-۴-۱-۲ پرمین

سازندهای متعلق به پرمین در ارتفاعات میشو محدوده قابل توجهی را به خود اختصاص می‌دهند. سازندهای مذکور همچنین در کوه‌های دیوان داغی و کوه قره گوز در شمال منطقه زنوز رخنمون قابل توجهی دارند. لیتولوژی آنها به ترتیب از پایین به بالا ترکیبی از سنگ آهک خاکستری آهک مارنی به رنگ قرمز و شیل می‌باشد. این سنگها در اثر عملکرد گسلها در مجاورت سازندهای میوسن از یک سو و سازند کهر از پره کامبرین قرار گرفته اند در اثر حرکات تکتونیکی و گسلیده شدن به شدت خرد شده می‌باشد.

۳-۱-۴-۱ مزوزوئیک

از سازندهای تشکیل شده در مزوزوئیک تنها بخشی از سنگهای مربوطه به کرتاسه در محدوده مرنده رخمون دارند. این سنگها را آهکهای کلوبوترانکانادار تشکیل می‌دهند. این آهکها در ضلع شمال شرقی محدوده به صورت بسیار محدودی رخمون دارند.

۴-۱-۴-۱ سنوزوئیک

رسوبات مربوط به سنوزوئیک بیشترین گستردگی را در سطح محدوده مورد مطالعه پیدا نموده‌اند. وضعیت لیتولوژی سنگهای مربوط به دوران سنوزوئیک به ترتیب قدمت به شرح زیر می‌باشند.

۱-۴-۱-۴-۱ پالئوسن

سازندهای مربوط به این دوره در محدوده مرنده عمدتاً ماسه سنگ، سنگ آهک ماسه دار همراه با میان لایه‌هایی از سنگ آهک ماسه‌دار نومولیتی هستند که پهنه قابل توجهی را در ارتفاعات شمالی (ارتفاعات شرق دشت زنوز) به خود اختصاص داده‌اند.

۲-۴-۱-۴-۱ ائوسن

در این دوره ستون چینه شناسی منطقه تغییرات تدریجی سیکل محیط کم عمق و عمیق و برگشت مجدد آن به محیط کم عمق را نشان می‌دهد. مجموعه رخمونهای آن به ترتیب از پایین با بالا شامل کنگلومرا با میان لایه‌هایی از آهک ماسه‌ای نومولیتی در منتهی الیه ارتفاعات شمال شرق حوزه رسوبات نوع فلیش و آهک نومولیت‌دار، مارن قرمز رنگ، ماسه سنگ و توف به صورت پهنه‌های محدودی در ارتفاعات شمال شرق منطقه، مارن‌های ژپیس دار قرمز رنگ و ماسه سنگ، رسوبات آذر-آواری و کنگلومرا می‌باشد. رسوبات آذرآواری و کنگلومرا بیشترین گسترش را در بین سازندهای رخمون یافته در محدوده مرنده دارند.

۱-۴-۱-۳ میوسن

رسوبات این دوره شامل سنگ آهک خاکستری روشن با میان لایه‌هایی از مارن خاکستری، مارن گچ-دار و سنگ به رنگ قرمز، سبز و لایه‌های گچ، تناوبی از ماسه سنگ قرمز و مارن قرمز تا خاکستری، کنگلومرای قرمز رنگ با انترکلاسیون‌های ماسه سنگی و ماسه سنگ قرمز با انترکلاسیون‌های مارن قرمز و کنگلومرا می‌باشد.

۱-۴-۱-۴ پلیوسن

شامل رسوبات آذرآواری و قلوه سنگ‌های آتشفشانی بوده و بخش قابل توجهی از سنگ‌های پلیوسن در ضلع شرق دشت رخنمون دارند.

۱-۴-۱-۵ کواترنر

دشت مرند در بستر دره‌های واقع در ارتفاعات حاشیه از رسوبات متعلق به کواترنر تشکیل شده است. سنگ‌های کواترنر به دو بخش سنگ‌های پلیئوستوسن و رسوبات عهد حاضر قابل تفک= می‌باشند. سنگ‌های پلیئوستوسن معمولاً شیب دامنه‌ها را در حاشیه دشت تشکیل می‌دهند، در حالیکه رسوبات هولوسن بیشتر در بخش‌های مرکزی دشت رخنمون دارند.

۱-۴-۱-۵-۱ پلیئوستوسن

سه گروه از واحدهای سنگی مربوطه به دوره پلیئوستوسن در سطح منطقه رخنمون دارند. تراکی آندزیت، داسیت، روانه‌های ریوداسیت و گنبد‌های آتشفشانی پهنه‌های نسبتاً قابل توجه و پراکنده‌ای را در ضلع جنوبی و غربی دشت به خود اختصاص می‌دهند و مهمترین و تیپیک ترین آنها باتولیت گچی قلعه‌سی است که در جنوب روستای کوشک‌سرای قرار گرفته است. وسعت این سنگ‌ها برابر ۳۴/۹۵ کیلومتر مربع می‌باشد. کنگلومرا عمدتاً متشکل از قلوه‌های آندزیتی و خاکسترهای آتشفشانی از واحدهای رسوبی است که در سطح وسیعی در ارتفاعات شرق منطقه رخنمون دارد. وسعت این واحد حدود ۱۷/۹۵ کیلومتر مربع است. این سازند نیز در اثر عمل آبراهه‌ها بریده شده و از فرسایش پذیری

قابل توجهی برخوردار می‌باشد. کنگلومرای نیمه سخت با میان لایه‌های مارنی ارتفاعات حد فاصل محدوده مرنده و قره ضیاءالدین را در غرب تشکیل می‌دهند. وسعت ناچیزی از این واحد رسوبی در داخل محدوده مطالعات مرنده قرار گرفته است.

۱-۴-۱-۵-۲ هولوسن

رسوبات رخنمون یافته این دوره عبارتند از:

پادگانه‌های آبرفتی بلند، با دانه‌بندی عمدتاً درشت تا متوسط در امتداد محور دره اصلی شرق منطقه گسترش داشته و در پای ارتفاعات جنوب شرقی رخنمون دارند.

تراورتن مربوط به بخش‌های بسیار کوچکی از ارتفاعات شرق دشت زنوز می‌باشند. چشمه‌های تشکیل دهنده این تراورتن‌ها فعال نیستند.

پادگانه‌های آبرفتی قدیمی و دشت آبرفتی، در پهنه‌های پراکنده و با گسترش قابل توجه در حواشی شرق دشت مرنده رخنمون دارند.

پهنه آبرفتی بین کوه‌های میشو و ارتفاعات حاشیه جنوبی مرنده از این پادگانه به وجود آمده است. این رسوبات توسط مسیرهای سیلابی بریده شده‌اند.

پادگانه‌های آبرفتی جوان گسترده‌ترین واحد رسوبی واقع در محدوده مطالعاتی مرنده بوده و تمامی بخش اصلی دشت آبرفتی را تحت پوشش خود دارد.

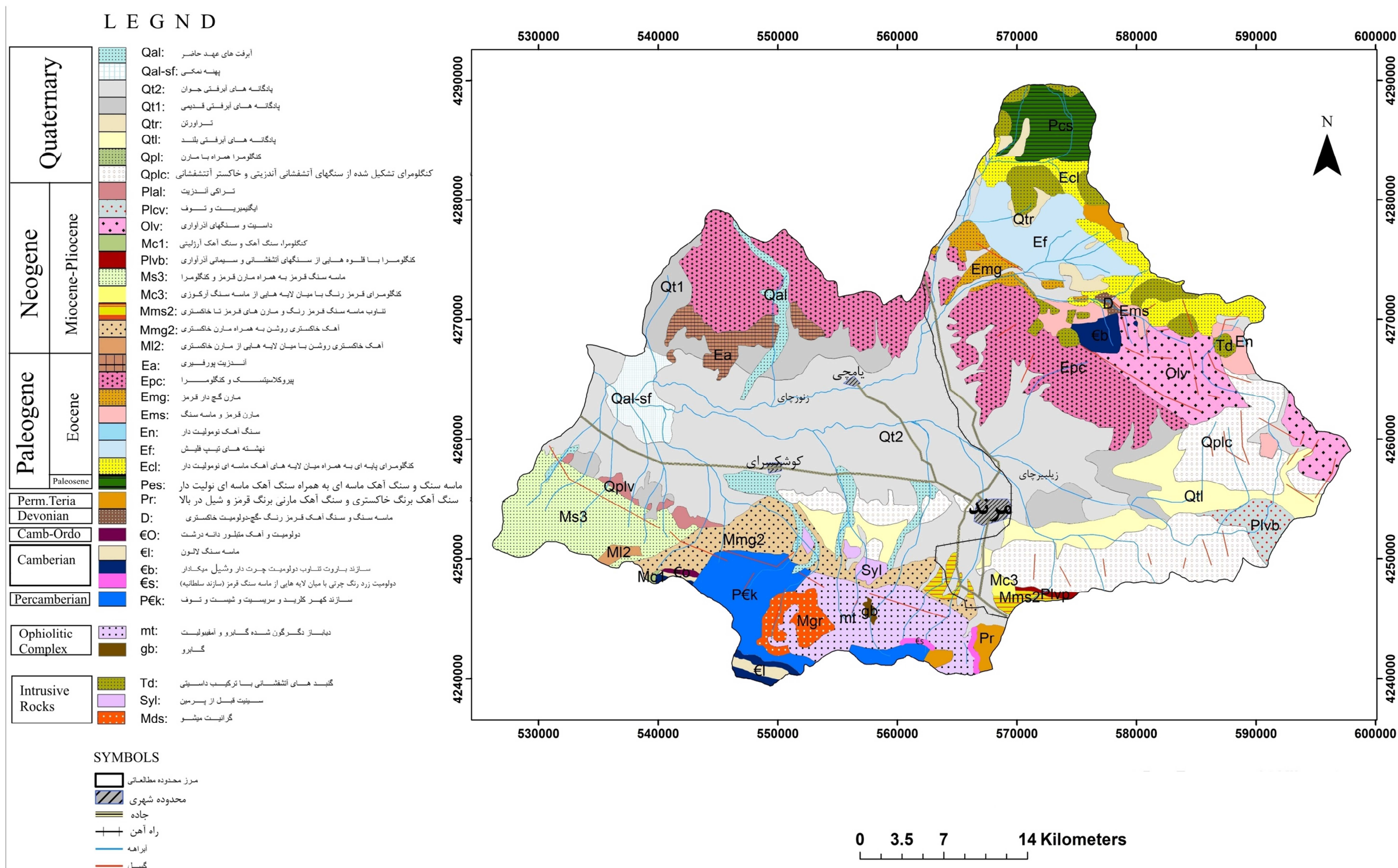
پهنه‌های نمک و آبرفت‌های حاضر جوانترین رسوبات مربوط به کواترنر هستند. پهنه‌های نمک در بخش غربی دشت و در محل خروج جریان‌های سطحی محدوده مطالعاتی مرنده به سمت پایین دست تشکیل شده‌اند، این در حالیست که آبرفت‌های عهد حاضر در بستر فعلی رودخانه‌ها و مسیل‌ها ته نشین شده است.

۱-۴-۲ زمین شناسی ساختمانی

در بخش باختری زون البرز - آذربایجان که محدوده مورد مطالعه قسمتی از آن را شامل می‌گردد، گسل تبریز از جمله ساختمان‌های مهم زمین شناسی محسوب می‌گردد که نقش مهمی در شکل - دهی ارتفاعات منطقه داشته است. ادامه گسل تبریز در داخل منطقه، گسل میشو شمالی است که از ارتفاعات جنوبی دشت مرنده عبور می‌کند. در امتداد گسل تبریز از جمله در کوه‌های میشو و مورو که در دونین پسین مرز خشکی کالدونی ایران را تشکیل می‌داده، رخنمون سنگ‌های کهنسال دیده می‌شود، که در اثر بالآآمدگی اتفاق افتاده است. روندهای منطقه بطور کلی موازی گسل تبریز بوده که در این منطقه، در امتداد تقریبی شرق به غرب قرار می‌گیرد.

کوه‌های میشو به عنوان یک تاقدیس بزرگ که به سمت دشت مرنده به یک ناودیس با محوری در امتداد شرق - غرب ادامه می‌یابد. تاقدیس میشو نیز دارای محوری هم امتداد با روند عمومی ساختمان‌های زمین‌شناسی در منطقه و دو یال شمالی و جنوبی آن توسط شاخه‌های گسل تبریز یعنی گسل‌های میشو شمالی و جنوبی بریده شده است. در هسته مرکزی این تاقدیس رسوبات کهر قرار گرفته است. رأس تاقدیس از بین رفته و سازند کهر در محور آن رخنمون یافته است.

ارتباط یال شمالی تاقدیس میشو و یال جنوبی ناودیس دشت مرنده توسط گسل میشو شمالی گسیخته شده است. هسته ناودیس دشت مرنده توسط رسوبات آذرآواری‌ها و روانه‌های آتشفشانی پوشیده شده که اغلب سنگ کف اصلی آبرفت دشت مذکور را تشکیل می‌دهند. قسمتی از این رسوبات آذرآواری و کنگلومرا در حاشیه شرقی جاده مرنده به زنوز به صورت مجازی به شکل ناودیس معلق دیده می‌شود.

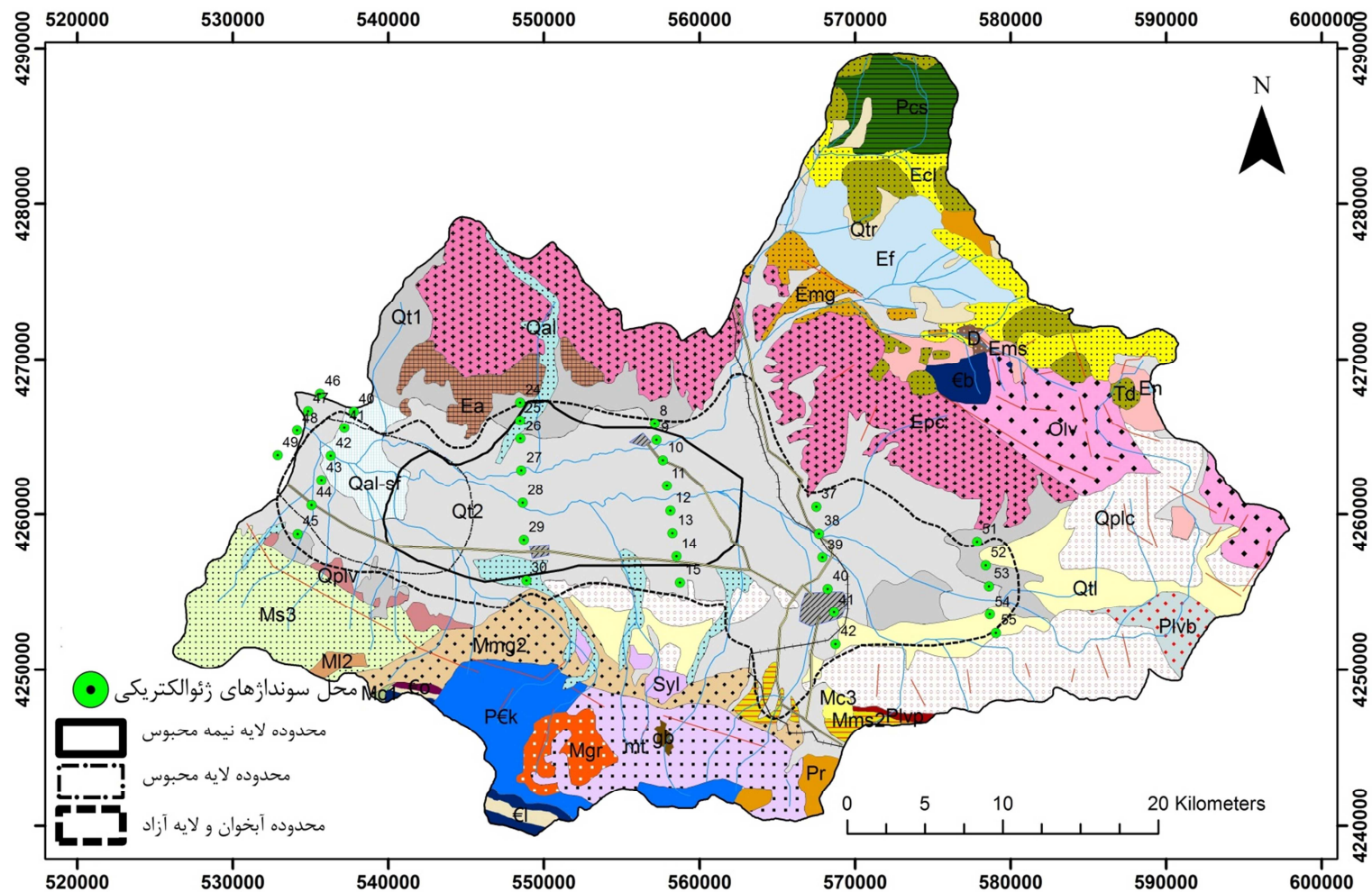


شکل ۱-۳) نقشه زمین شناسی حوضه آبریز مرنده (برگرفته از نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ مرنده، جلفا، تسوج سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور)

۵-۱ هیدروژئولوژی آبخوان مرنند

۱-۵-۱ حدود و گسترش آبخوان

دشت مرنند در حد فاصل طول‌های جغرافیایی $45^{\circ}-21'$ و $46^{\circ}-55'$ شرقی و عرض‌های جغرافیایی $38^{\circ}-34'$ و $38^{\circ}-22'$ شمالی در مرکز حوضه آبریز قرار گرفته است. براساس نتایج مطالعات ژئوفیزیکی و نتایج حفاری‌های اکتشافی انجام گرفته در دشت مرنند، مشخص گردیده که در آبرفت دشت مرنند بیش از یک لایه آبدار وجود دارد. در حاشیه‌ها و در شرق دشت، دانه‌بندی رسوبات به صورت دانه درشت بوده و در عمق آبرفت نیز تغییرات دانه‌بندی چندان زیاد نیست. به همین دلیل در این مناطق تنها یک لایه از نوع آبدار آزاد (مقاطع 1 و 2 در شکل ۴-۱) وجود دارد. به سمت مرکز دشت تغییرات دانه بندی افق‌های آبرفتی در عمق زیاد بوده، بطوریکه لایه‌های متناوبی از رسوبات دانه درشت و بسیار دانه ریز ته نشین شده‌اند (مقاطع 3, 4, 5, 5 در شکل ۴-۱). به عبارتی در بین لایه‌های آبرفتی دانه درشت، لایه‌هایی از مواد آبرفتی بسیار دانه ریز قرار گرفته‌اند، که ارتباط هیدرولیکی لایه-های آبدار بالایی و پایین را قطع نموده‌اند. لایه‌های جدا کننده گسترش سطحی متفاوتی دارند، بنابراین در منطقه علاوه بر لایه آبدار آزاد که ادامه لایه آبدار آزاد حواشی دشت می باشد یک لایه آبدار محبوس و یک لایه آبدار نیمه‌محبوس که در غرب منطقه گسترش دارند، وجود دارد. محدوده این لایه‌ها در شکل ۴-۱ نشان داده شده است. بر روی مقاطع مربوط به شرق دشت (مقاطع 1 و 2) یک لایه آبدار آزاد مشاهده می‌گردد (شکل ۵-۱، ۶-۱، ۷-۱) در حالیکه در مقاطع متعلق به غرب دشت مقاطع (3, 4, 5, 6) یک لایه آبدار آزاد و یک لایه آبدار محبوس و یک لایه نیمه‌محبوس مشاهده می‌شود (شکل ۵-۱، شکل ۸-۱ تا ۱۱-۱). وسعت لایه آبدار آزاد حدود $510/1$ کیلومتر مربع و لایه آبدار محبوس حدود $184/4$ کیلومتر مربع و لایه آبدار نیمه‌محبوس حدود $89/8$ کیلومتر مربع می‌باشد (شرکت سهامی آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی).



شکل ۴-۱) محدوده لایه‌های آبخوان مرد در نقشه حوضه آبریز مرد (موقعیت سونداژهای ژئوالکتریکی نیز در این شکل نشان داده شده است)

۱-۵-۲ ضخامت لایه‌های آبدار و لایه‌های محبوس کننده

ضخامت لایه‌های مختلف آبخوان مرند براساس مطالعات ژئوفیزیک شرکت آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی به صورت زیر ارائه شده است:

۱-۲-۵-۱ ضخامت آبرفت لایه آبدار آزاد

بر اساس نتایج مطالعات ژئوفیزیک و چاه‌های حفر شده، حداکثر ضخامت آبرفت در نواحی شرق و جنوب شرق آبخوان بین ۲۲۰ تا ۲۷۰ متر می‌باشد. از حوالی مرند به سمت شمال مقدار ضخامت آبرفت بین ۶۰ تا ۱۴۰ متر می‌باشد. به سمت غرب به‌طور تدریجی لایه‌ها دانه‌ریز و از ضخامت آبرفت کاسته شده و در مرکز دشت آبرفتی به حداقل کمتر از ۴۰ متر می‌رسد.

۱-۲-۵-۲ ضخامت لایه نیمه تراوا

این لایه در نیمه غربی دشت شکل گرفته و سطح زمین را پوشانده و ارتباط مستقیم لایه آبدار آزاد را با سطح زمین قطع نموده است. این لایه در مقایسه با لایه آبدار در قسمت غرب از ضخامت اندکی برخوردار بوده و ضخامت آن بین حدود ۱۵ تا ۴۰ متر متغیر است.

۱-۲-۵-۳ ضخامت لایه نیمه محبوس

این لایه در نیمه غربی دشت و در زیر لایه نیمه تراوا قرار گرفته است. ضخامت این لایه در قسمت‌های مختلف بین ۱۰ تا ۱۵۰ متر متغیر است. حداکثر ضخامت این لایه در خروجی دشت و کمترین ضخامت آن در بخش شمالی دشت می‌باشد.

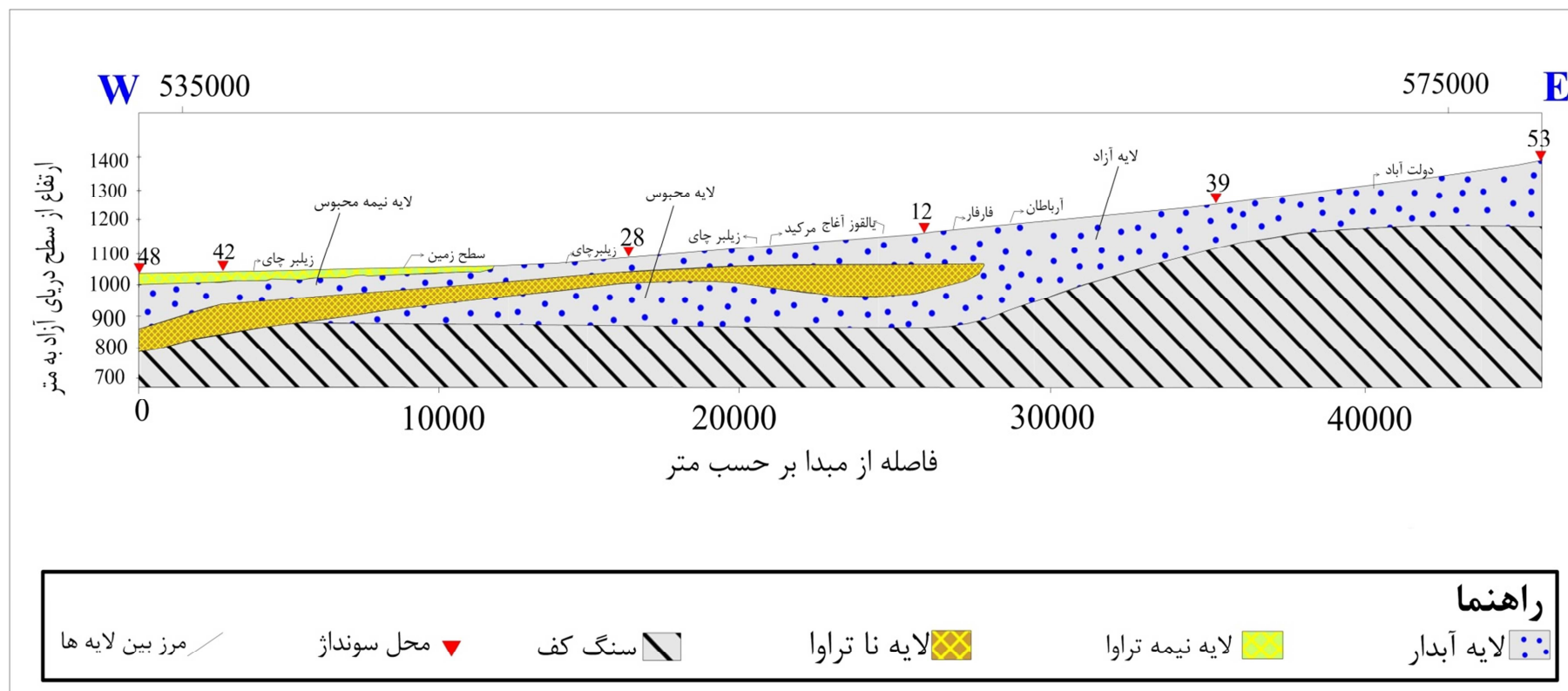
۱-۲-۵-۴ ضخامت لایه ناتراوا

این لایه در نیمه غربی دشت و در زیر لایه آبدار آزاد شکل گرفته است. ضخامت آن بین ۰ تا ۱۱۰ متر در قسمت‌های مختلف تغییر می‌کند. این لایه به سمت جوانب شمالی و جنوبی نازک شده و بالعکس

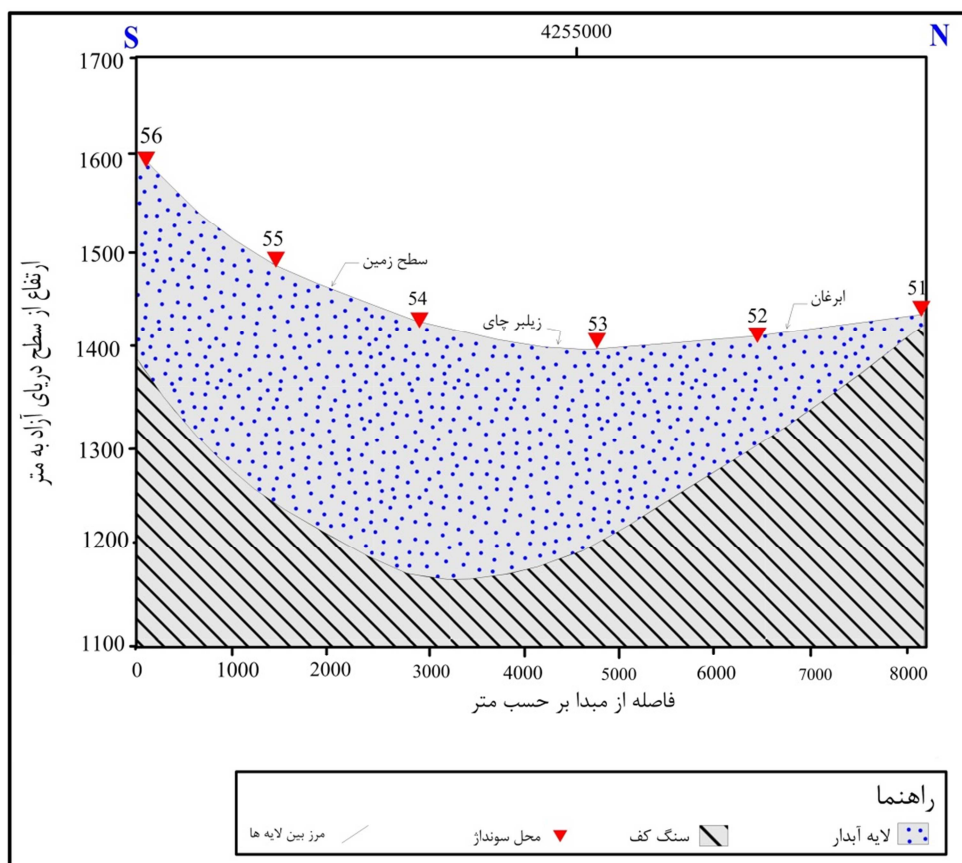
به سمت مرکز و جوانب شرقی و غربی ضخیم‌تر می‌گردد. بیشترین ضخامت در حوالی خروجی دشت شکل گرفته است.

۵-۲-۵-۱ ضخامت آبرفت لایه آبدار محبوس

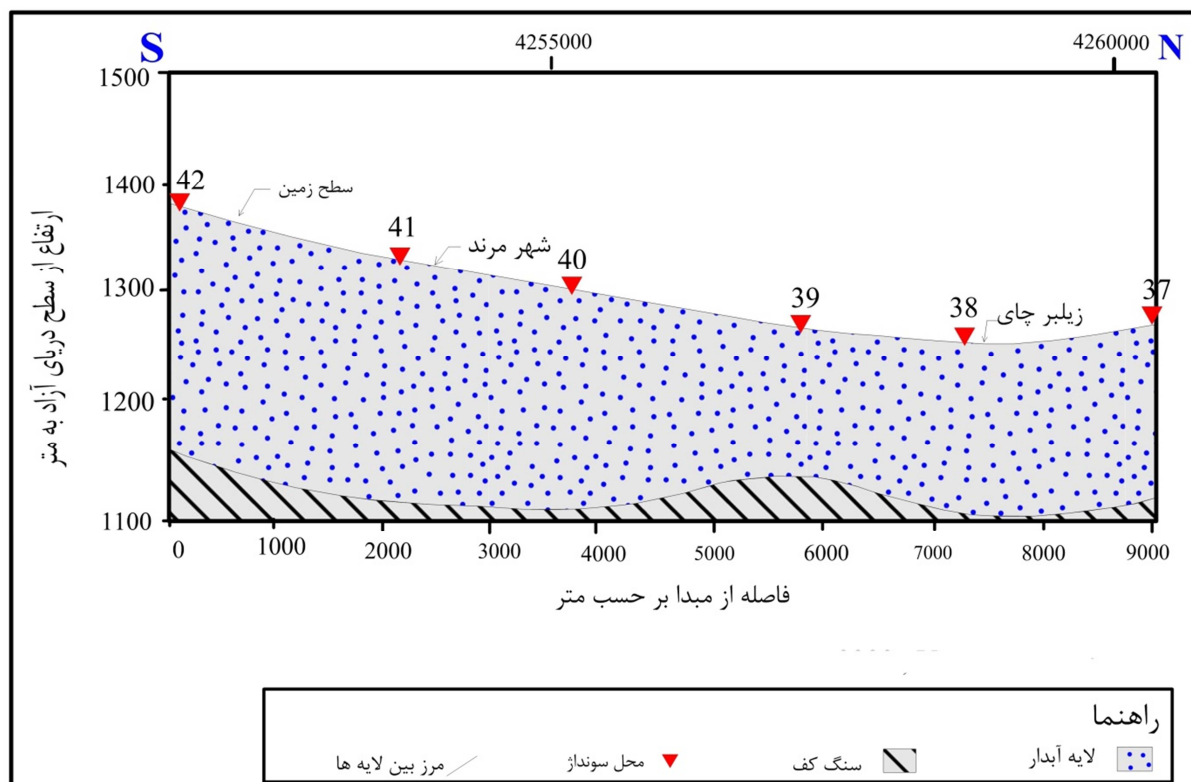
این لایه در نیمه غربی دشت و در زیر لایه ناتراوا واقع شده است. این لایه در مقایسه با لایه آبدار آبدار آزاد از ضخامت بیشتری برخوردار بوده و ضخامت آن بین ۱۵ تا ۲۰۰ متر متغیر است. این لایه آبدار از سمت غرب به رسوبات دانه ریز خروجی دشت منتهی شده و از شرق به لایه آبدار آزاد می‌پیوندد.



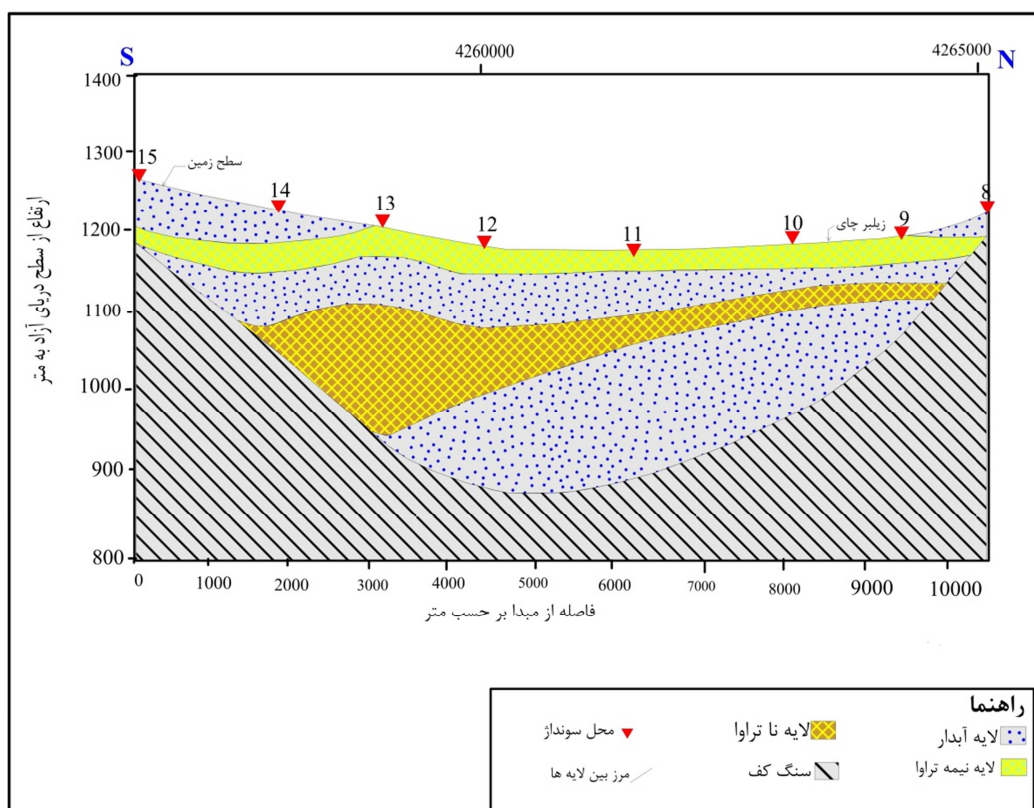
شکل ۵-۱) مقطع CL: لایه‌بندی آبرفت دشت مرند در امتداد شرق - غرب



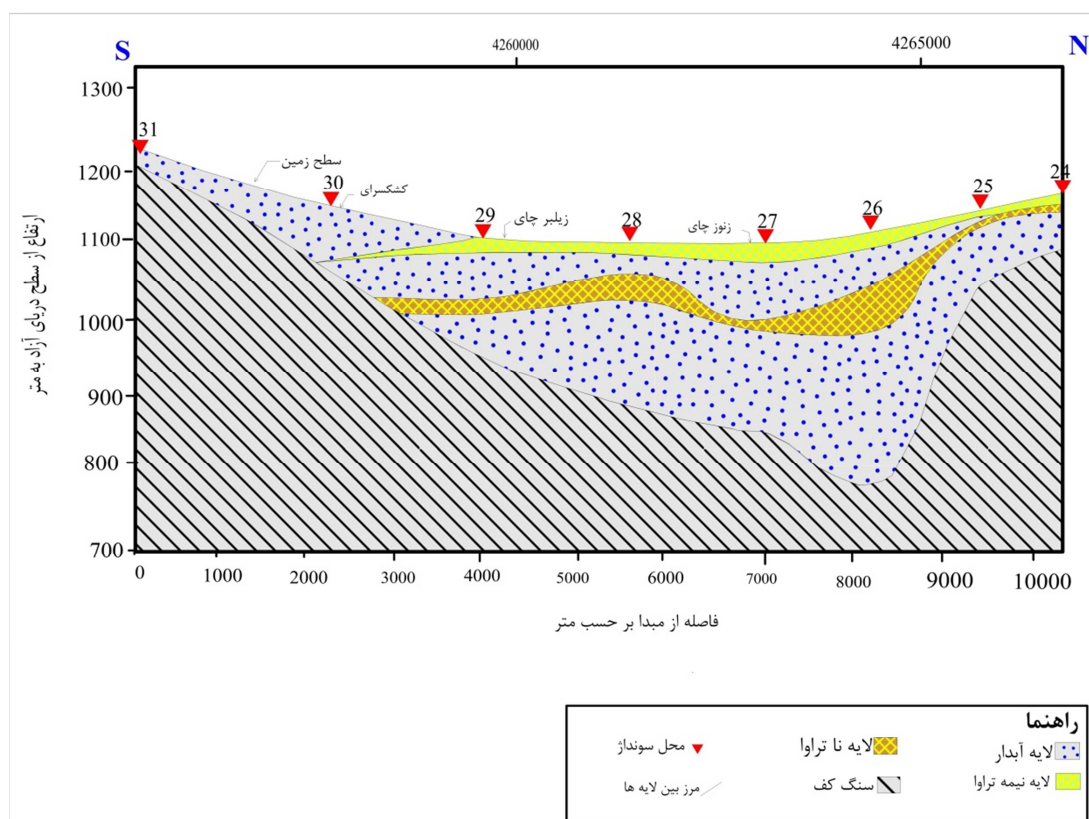
شکل ۱-۶) مقطع ۱: لایه‌بندی آبرفت دشت مرند در امتداد شمال - جنوب



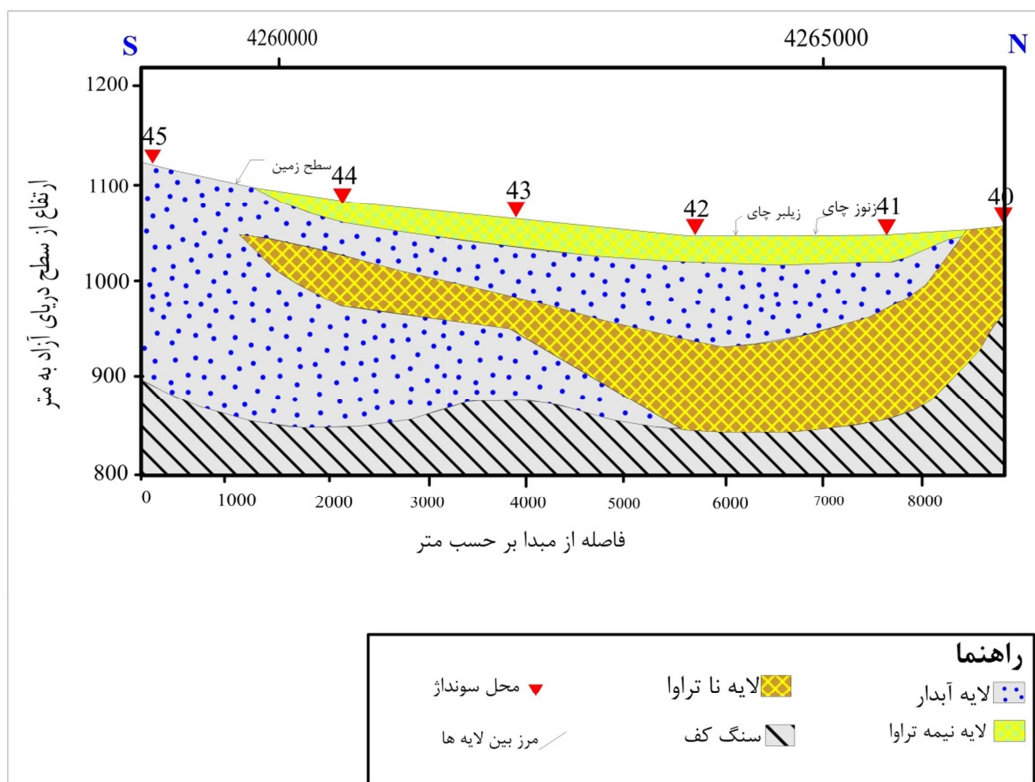
شکل ۱-۷) مقطع ۲: لایه‌بندی آبرفت دشت مرند در امتداد شمال - جنوب



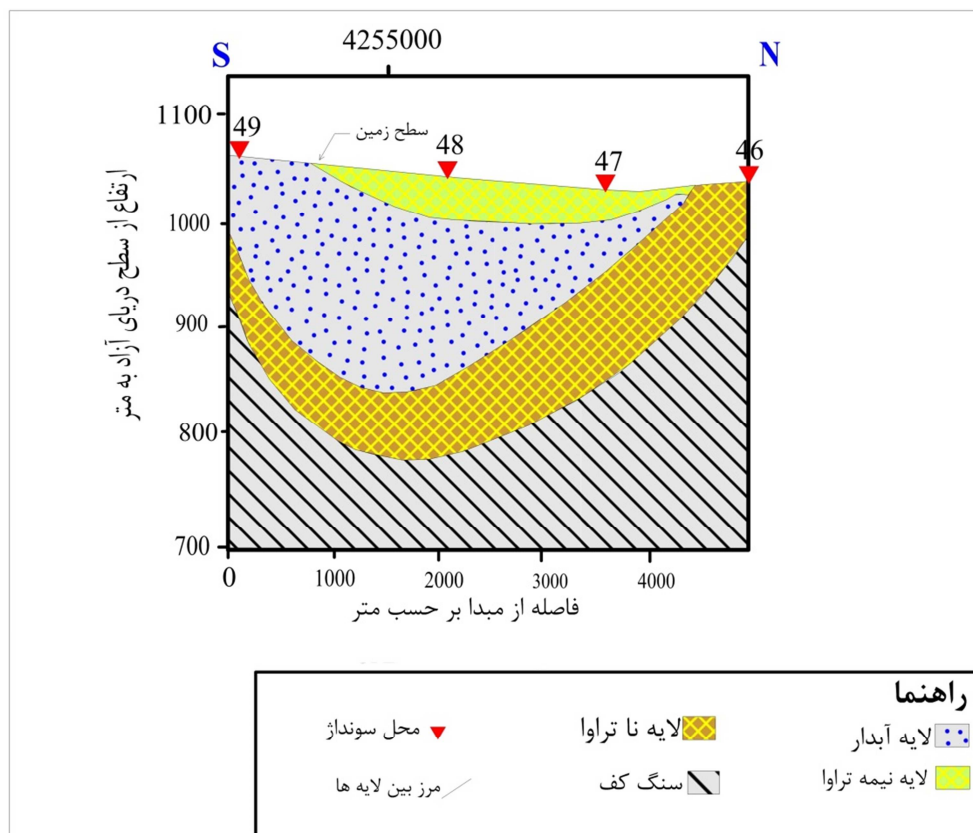
شکل ۸-۱) مقطع 3: لایه‌بندی آبرفت دشت مرنده در امتداد شمال - جنوب



شکل ۹-۱) مقطع 4: لایه‌بندی آبرفت دشت مرنده در امتداد شمال - جنوب



شکل ۱-۱۰) مقطع ۵: لایه‌بندی آبرفت دشت مرند در امتداد شمال - جنوب



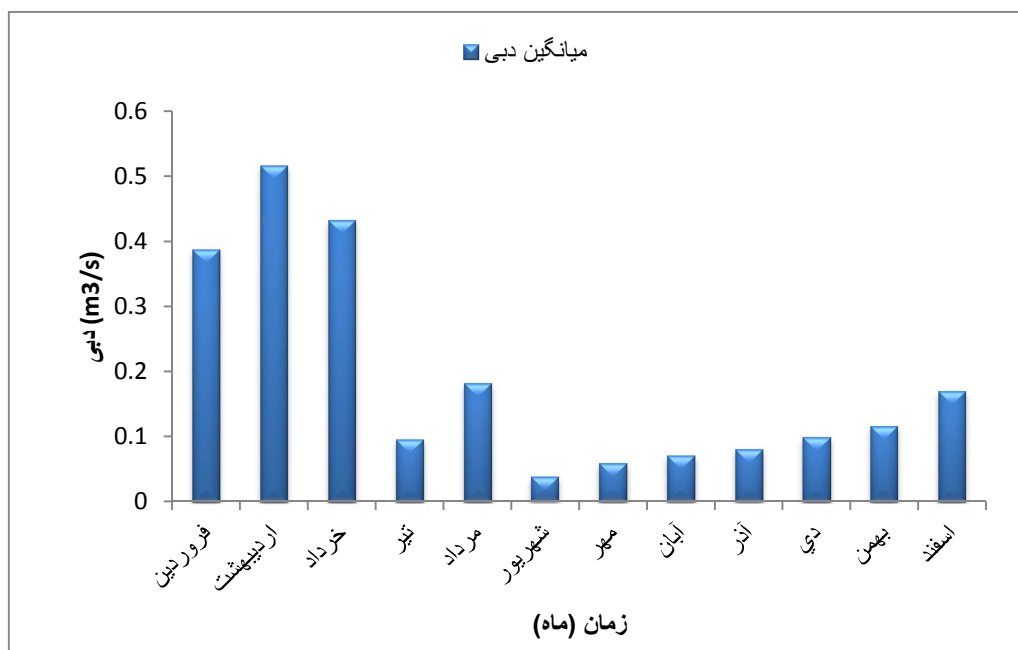
شکل ۱-۱۱) مقطع ۶: لایه‌بندی آبرفت دشت مرند در امتداد شمال - جنوب

۳-۵-۱ منابع آب سطحی

زیلبرچای و زنوزچای مهمترین منابع آب سطحی محدوده حوضه آبریز مرنده می‌باشند. از شاخه‌های الحاقی آنها می‌توان به هرزندچای، محبوب آبادچای، شیخ‌چای، زوریرچای، زولبین‌چای و پیربالاچای اشاره نمود، که در نهایت به قطورچای و سپس به ارس می‌ریزند و جزء حوضه آبریز خزر می‌باشند. زیلبرچای در راستای شرقی - غربی در آبخوان مرنده قرار گرفته و زنوزچای ابتدا از سمت شمال وارد آبخوان و سپس تغییر جهت داده و در راستای شرق به غرب جریان می‌یابد. رودهای مذکور در ادامه به هم پیوسته و به قطورچای می‌ریزند. بررسی آمار تغییرات دبی زنوزچای براساس آمار ۲۷ ساله ایستگاه هیدرومتری پل چرچر انجام شده است. آمار دبی این رودخانه براساس آمار ۲۷ ساله (۱۳۹۱-۱۳۶۴) شرکت آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی در جدول ۱-۱ ارائه شده است. بر این اساس بیشترین دبی زنوزچای در ماه اردیبهشت و کمترین دبی در شهریور ماه می‌باشد (شکل ۱-۱۲). لازم به ذکر است رودخانه زیلبرچای فاقد ایستگاه هیدرومتری بوده و اندازه‌گیری دبی آن انجام نشده است.

جدول ۱-۱) آمار متوسط دبی ماهانه زنوزچای برای یک دوره آماری ۲۷ ساله (۱۳۹۱-۱۳۶۴)

زمان (ماه)	میانگین دبی (m^3/s)
فروردین	۰/۳۸۷
اردیبهشت	۰/۵۱۶
خرداد	۰/۴۳۲
تیر	۰/۰۹۶
مرداد	۰/۱۸۱
شهریور	۰/۰۳۷
مهر	۰/۰۵۹
آبان	۰/۰۷
آذر	۰/۰۷۹
دی	۰/۰۹۹
بهمن	۰/۱۲
اسفند	۰/۱۶۹



شکل ۱-۱۲) نمودار دبی رودخانه زنوزچای برای یک دوره آماری ۲۷ ساله (۱۳۹۱-۱۳۶۴)

۱-۶ آب و هوای منطقه مورد مطالعه

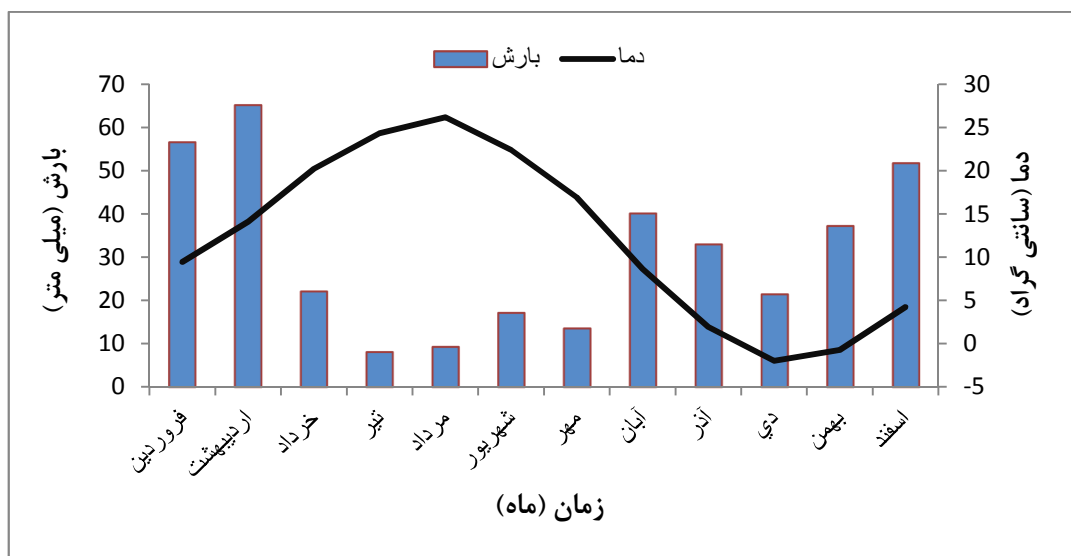
وضعیت آب و هوایی یکی از عوامل تأثیر گذار در کمیت و کیفیت آب زیرزمینی می‌باشد. برای بررسی آب و هوا و اقلیم منطقه مرند از آمار ایستگاه هواشناسی سینوپتیک مرند استفاده گردید. جدول ۱-۲ آمار داده‌های هواشناسی برای یک دوره ۱۲ ساله (۱۳۷۹-۹۱) را نشان می‌دهد. متوسط بارندگی سالانه ۳۷۰/۹۷ میلی متر و میانگین دمای سالانه ۱۲/۱۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. حداکثر و حداقل میزان بارش به ترتیب در ماه‌های اردیبهشت و تیر رخ داده است. با توجه به جدول حداکثر و حداقل دما به ترتیب در ماه‌های مرداد و دی می‌باشد.

فصل اول: مقدمه

جدول (۱-۲) آمار بارندگی و درجه حرارت برای یک دوره ۱۲ ساله از سال ۹۱-۱۳۷۹ (سازمان هواشناسی آذربایجان شرقی)

درجه حرارت (درجه سانتی گراد)			بارندگی (میلی متر)		زمان (ماه)
میانگین	حداکثر	حداقل	میانگین	حداکثر	
۹/۴۵	۱۳/۸	۵/۱۱	۵۶/۶۲	۱۰۴/۷	فروردین
۱۴/۱	۱۸/۷۸	۹/۴۲	۶۵/۱	۱۳۸/۸	اردیبهشت
۲۰/۲	۲۵/۶۳	۱۴/۸۱	۲۲/۱	۴۶/۹	خرداد
۲۴/۳۳	۲۹/۷۷	۱۸/۹	۸/۰۳	۲۳	تیر
۲۶/۲	۳۱/۶۶	۲۰/۷۴	۹/۲۱	۲۷	مرداد
۲۲/۴۳	۲۷/۶۵	۱۷/۲	۱۶/۹۸	۷۳/۴	شهریور
۱۶/۹۲	۲۱/۵۴	۱۲/۳	۱۳/۴	۴۰/۹	مهر
۸/۶۴	۱۲/۲۶	۵/۰۲	۳۹/۹۷	۸۴	آبان
۱/۹۲	۵/۴۱	-۱/۶	۳۲/۹	۸۳/۴	آذر
-۲/۰۲	۱/۴۵	-۵/۴۷	۲۱/۲	۳۸/۵	دی
-۰/۷۴	۲/۹۳	-۴/۴	۳۷/۱	۸۷/۲	بهمن
۴/۲۵	۸/۲۸	۰/۲	۵۱/۷۵	۱۰۷	اسفند
۱۲/۱۴			۳۷۰/۹۷		میانگین

نمودار امبروترمیک نشانگر دوره‌های تر و خشک در یک سال می‌باشد. براساس نمودار امبروترومیک دشت مرنده (شکل ۱-۱۳) از خرداد تا آبان جزء دوره خشک و بقیه ماه‌های سال که میزان بارندگی از میزان دما بیشتر می‌باشد، جزء دوره تر می‌باشند.



شکل ۱-۱۳) منحنی امپروترمیک حوضه آبریز مرنده برای یک دوره آماری ۱۲ ساله (۹۱-۱۳۷۹)

برای ارزیابی اقلیم منطقه از معادله دمارتن طبق رابطه زیر استفاده گردید:

$$I = \frac{P}{T + 10}$$

در فرمول بالا P متوسط بارندگی سالانه (میلی متر) و T متوسط دمای سالانه (درجه سانتی‌گراد)

می‌باشد. بر این اساس شش نوع منطقه آب و هوایی طبقه بندی شده است (شکل ۱-۳).

جدول ۱-۳) طبقه بندی دمارتن

نام اقلیم	محدوده ضریب خشکی دمارتن (I)
خشک	کوچتر از ۱۰
نیمه خشک	۱۰ تا ۱۹/۹
مدیترانه‌ای	۲۰ تا ۲۳/۹
نیمه مرطوب	۲۴ تا ۲۷/۹
مرطوب	۲۸ تا ۳۴/۹
بسیار مرطوب	بزرگتر از ۳۵

براساس داده‌های هواشناسی متوسط بارندگی و دمای سالانه دشت مرنده به ترتیب ۳۷۰/۹۷ میلی‌متر و

۱۲/۱۴ درجه سانتی‌گراد بوده و بنابراین ضریب دمارتن در دشت مرنده حدود ۱۶/۷۵ محاسبه می‌گردد.

با توجه به ضریب به دست آمده، بر اساس طبقه بندی اقلیمی دمارتن، این منطقه در محدوده اقلیمی

نیمه خشک قرار می‌گیرد.

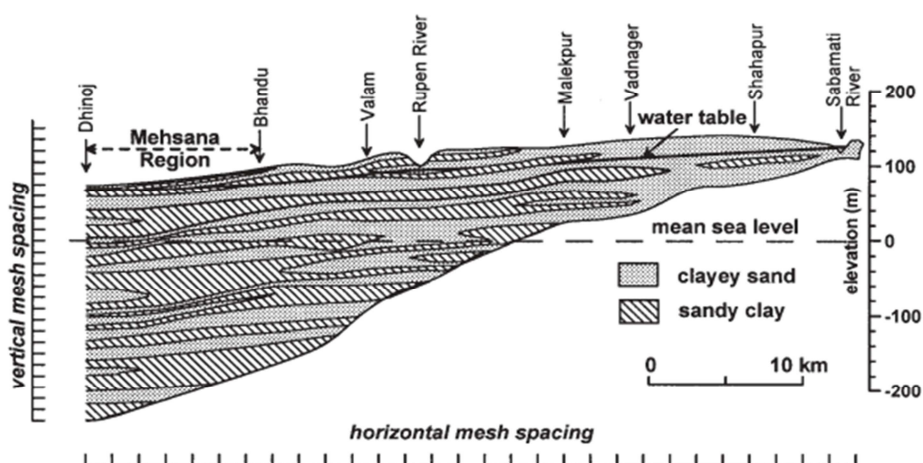
فصل دوم: مروری بر مطالعات گذشته

۱-۲ مقدمه

در این فصل مطالعات انجام شده قبلی در مورد مکانیسم جریان در آبخوان های چند لایه و عوامل و پارامترهای تأثیر گذار در آن که مرتبط با تحقیق حاضر می باشد، ارائه شده است.

۲-۲ آبخوان چند لایه

به آبخوان هایی که از دو یا بیش از چند لایه آبدار تشکیل شده باشند، آبخوان چند لایه ای (Multi-layer aquifer) گفته می شود (شکل ۱-۲). این لایه ها می توانند یک لایه آبدار آزاد و چندین لایه آبدار محبوس یا نیمه محبوس باشند، که توسط لایه های نا تراوا یا کم تراوا از هم جدا شده اند. لایه های آبخوان می تواند در قسمتی از آبخوان از لایه آبدار محبوس به آبدار آزاد یا بالعکس تبدیل شود.



شکل ۱-۲) مقطع شماتیک از یک آبخوان چند لایه (Rushton, 2003)

۲-۳ مکانیسم جریان در آبخوان چند لایه

در مناطق مختلفی از یک آبخوان که توسط لایه‌های نفوذپذیر یا با نفوذپذیری پائین از هم جدا شده‌اند، سیستم جریان آب زیرزمینی محلی وجود دارد. جریان عمودی از طریق این لایه‌های با نفوذپذیری کم، اهمیت حیاتی در جریان آب زیرزمینی دارد. در تعدادی از مطالعات پیشین با این فرض که لایه‌های با نفوذپذیری کم دارای هدایت هیدرولیکی حداقل سه بار کمتر از هدایت هیدرولیکی آبخوان اصلی است، جریان عمودی از طریق آنها صرف نظر شده است. با این حال در مطالعات جدید، جریان‌های عمودی از طریق مناطق با نفوذپذیری کم اغلب قابل توجه دانسته شده‌اند. در دسترس بودن مدل‌های آب زیرزمینی چند لایه، در درک بیشتر جریان عمودی در سیستم‌های چند لایه کمک شایانی نموده است (Rushton, 2003).

یکی از مشکلات در بررسی جریان عمودی در سیستم‌های چند لایه تعیین هدایت هیدرولیکی موثر عمودی لایه کم تراوا می‌باشد. تجزیه و تحلیل آزمون‌های پمپاژ لایه نشتی می‌تواند برای تعیین هدایت هیدرولیکی لایه کم تراوا (Aquitard) مورد استفاده قرار گیرد، اما اشتباه زمانی رخ می‌دهد که به خاصیت ذخیره سازی لایه کم تراوا توجه نگردد. اولین برآورد واقع بینانه از هدایت هیدرولیکی عمودی معمولاً می‌تواند از آزمایش نفوذ بر روی لاگ چاه بدست آید. به عنوان مثال نمونه‌ای از تحقیقات دقیق صحرایی برای تعیین هدایت هیدرولیکی در سیستم پیچیده سفره‌های آبدار نازک با میان لایه‌های کم تراوا در کانادا انجام شده است (Grabe et al. 2001)، در این مطالعات هدایت هیدرولیکی لایه کم تراوا برابر 0.0001 متر بر روز برآورد شده است.

برای بررسی مکانیسم جریان، شناخت اجزاء عمودی جریان که شامل هدایت هیدرولیکی و ذخیره سازی لایه نشتی می‌باشد، حائز اهمیت است. برای این منظور باید تمامی داده‌ها و اطلاعات موجود منطقه از قبیل میزان بهره‌برداری، لیتولوژی، سطح تراز پیزومتری و سطح ایستابی طولانی مدت، میزان بارندگی، نتایج آزمون‌های پمپاژ قبلی و غیره جمع آوری گردد (Ward et al. 1987).

برای بررسی مکانیسم جریان آب زیرزمینی در آبخوان‌های چند لایه از موارد زیر می‌توان استفاده نمود (Rushton, 2003):

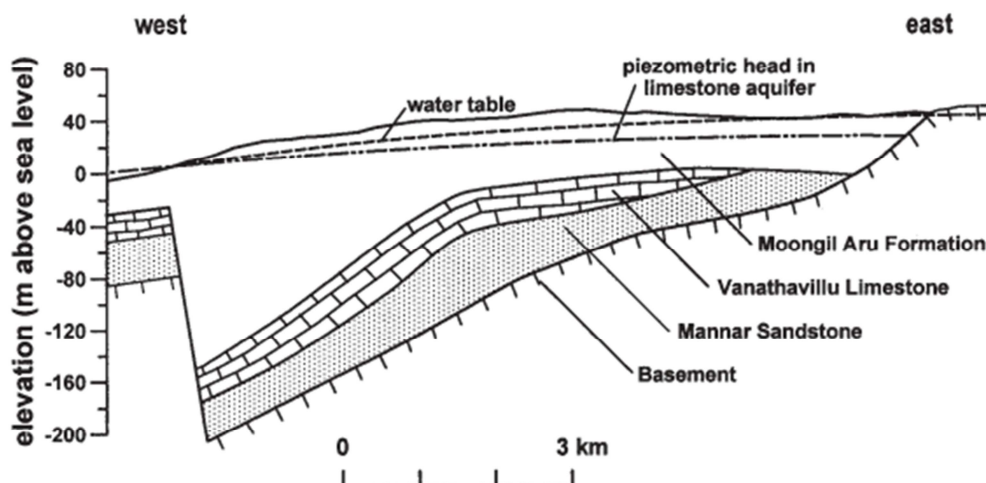
۱. بررسی لاگ‌های لیتولوژی
۲. بررسی تراز سطح ایستابی و تراز پیزومتری
۳. بررسی دقیق داده‌ها و نتایج آزمون‌های پمپاژ
۴. بررسی خصوصیات هیدروشیمیایی آب زیرزمینی
۵. بررسی بیلان آب

۲-۳-۱ بررسی لاگ لیتولوژی

جزئیات لاگ لیتولوژی گمانه‌ها اجازه ساختن یک مقطع عمودی معرف آبخوان را می‌دهد، که می‌تواند دید کلی از وضعیت ساختاری آبخوان و همچنین نوع سنگ شناسی و چینه شناسی لایه‌ها ارائه دهد. با آزمایش نفوذ بر روی مغزه‌های بدست آمده از گمانه‌های حفاری می‌توان مقدار هدایت هیدرولیکی عمودی لایه‌ها را تخمین زد. با استفاده از هدایت هیدرولیکی عمودی لایه‌های آبدار بدست آمده از لاگ لیتولوژی، می‌توان ضریب ذخیره لایه‌ها را بدست آورد. این موضوع بویژه در لایه‌های با دارای هدایت هیدرولیکی خیلی پائین و لایه‌های نشتی به کار می‌رود. در این صورت میزان آب انتقالی و آب ذخیره شده در لایه نشتی قابل محاسبه است. با محاسبه آب ذخیره شده در لایه نشتی و دانستن میزان آب تغذیه شده از لایه آبدار آزاد یا سطح زمین می‌توان میزان آب انتقالی به آبخوان تحت فشار را برآورد کرد، که در مدیریت بهینه بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی سهم بسزایی دارد.

لارنس و دارماگون وادنا (Lawrence and Dharmagunwadana, 1983) در یک مطالعه در آبخوان واناتاویلو با استفاده از لاگ‌های لیتولوژی میزان هدایت هیدرولیکی را برای لایه‌ها مشخص کردند. این محققین

هدایت هیدرولیکی لایه نشتی را برابر 0.003 متر بر روز بدست آوردند. همچنین آنها با استفاده از لاگ‌های لیتولوژی مقطع شماتیکی از آبخوان را ترسیم کردند.



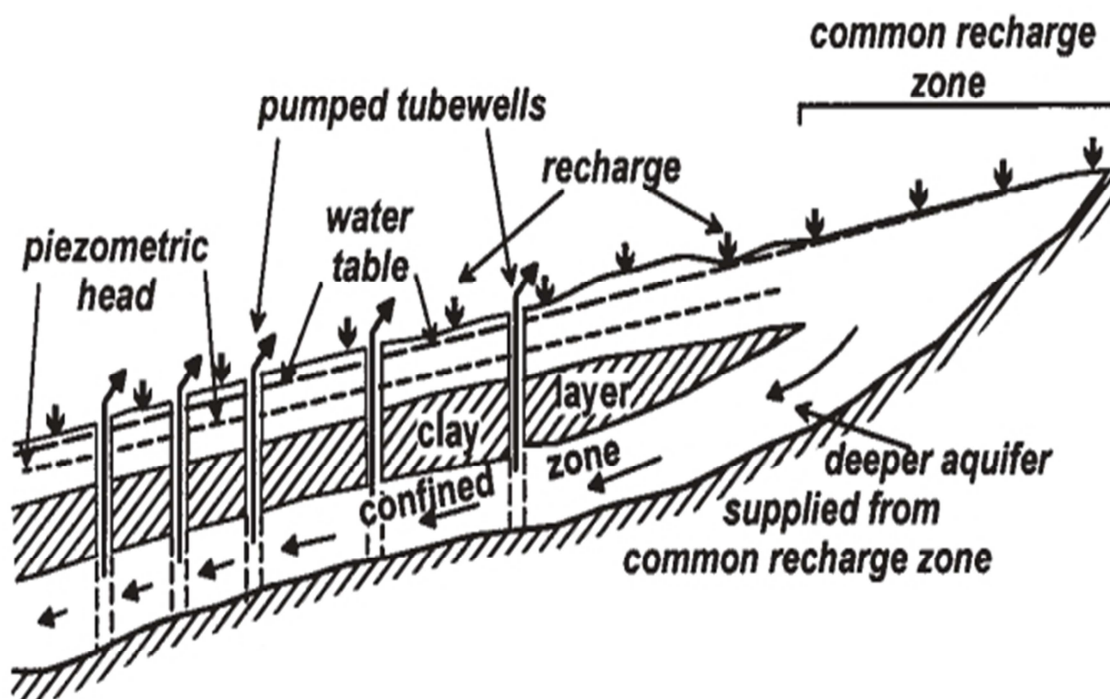
شکل ۲-۲) مقطع شماتیکی از آبخوان واناتاویلو (Lawrence and Dharmagunwadana, 1983)

۲-۳-۲ بررسی تراز سطح ایستابی و تراز پیزومتری

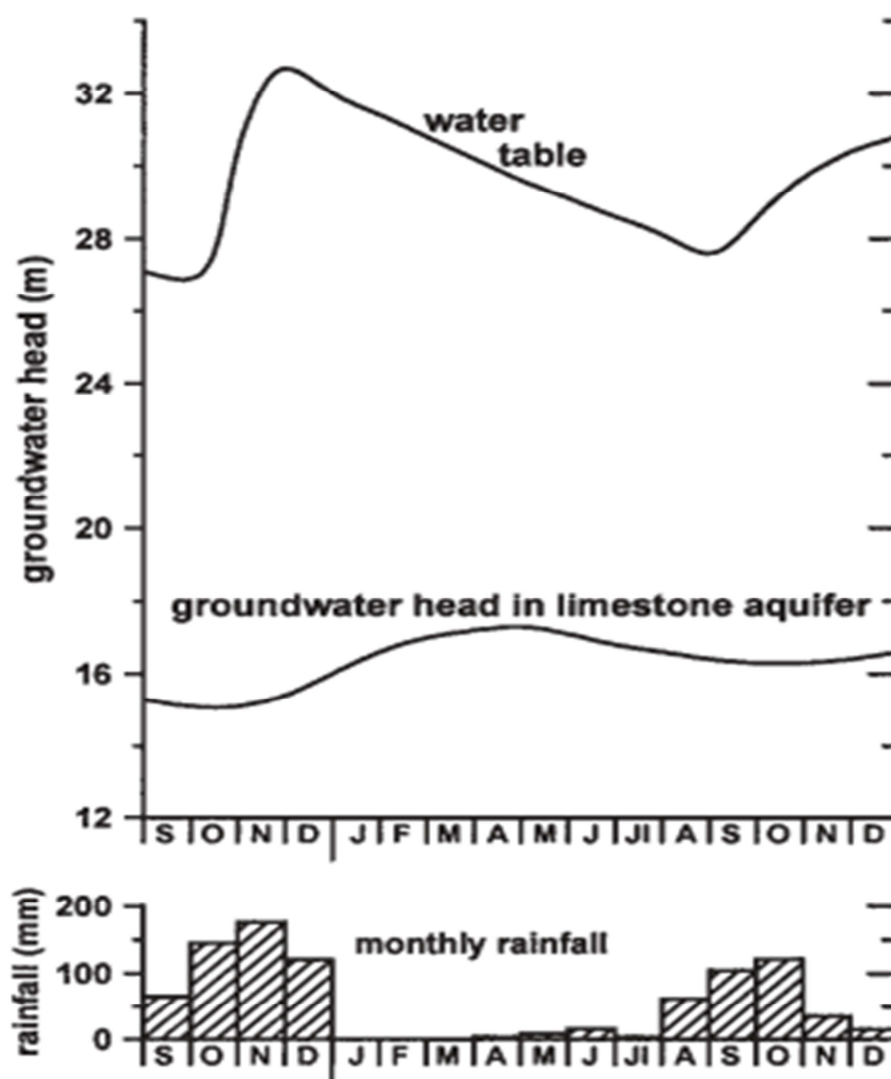
مطالعات در سیستم‌های آبخوان چند لایه‌ای نیاز به ثبت صحرایی نوسانات تراز آب زیرزمینی در لایه‌های مختلف یک آبخوان چند لایه دارد. در صورتی که سوابق صحرایی از تراز آب زیرزمینی برای چاه‌های پیزومتری و هم چاه‌های مشاهده‌ای موجود باشد، می‌توان تغییرات تراز آب زیرزمینی را که بیشتر ناشی از فرایندهای جریان است بررسی نمود. در صورتی که ثبت تراز آب زیرزمینی در آبخوان‌های کم عمق و عمیق به صورت ماهانه انجام گیرد، می‌توان با بررسی سطح آب مثلاً بررسی فاز تغییرات سطح آب نسبت به بارش در هر رخداد بارندگی می‌توان پیزومترهای دو لایه را تفکیک نمود. با بررسی تراز سطح ایستابی و پیزومتری و خطوط هم پتانسیل در نقاط مختلف آبخوان می‌توان شیب سطح تراز آب زیرزمینی را در نقاط مختلف آبخوان بدست آورد. شیب هیدرولیکی برای انتقال آب از بالای سطح ایستابی به سمت پائین مورد نیاز است، که در این صورت مکان‌های تغذیه و تخلیه و ارتباط لایه‌ها با یکدیگر مشخص می‌شود. با بررسی دقیقتر به

همراه لاگ لیتولوژی و تعیین هدایت هیدرولیکی عمودی لایه نشتی یا لایه ناتراوا می‌توان میزان آب عبوری را به هر یک از لایه‌ها را مشخص کرد.

نمونه‌ای از بررسی سطح ایستابی و سطح پیزومتری در آبخوان مهسانا (Mehsana) که یک آبخوان چند لایه در هند می‌باشد، توسط کاوالانکار و همکاران (Kavalanekar *et al.* 1992) انجام گرفته است. بررسی تغییرات سطح آب زیرزمینی در لایه‌های آبخوان مذکور نشان داد، که سطح تراز عمودی آب زیرزمینی در پیزومترهای لایه عمیق با میانگین ۲۵ متر پائین تر از سطح ایستابی قرار دارد (شکل ۲-۲). همچنین آنها تغییرات تراز آب را نسبت به بارش مورد بررسی قرار دادند (شکل ۳-۲). بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که آب لایه زیرین از طریق لایه فوقانی تغذیه می‌شود.

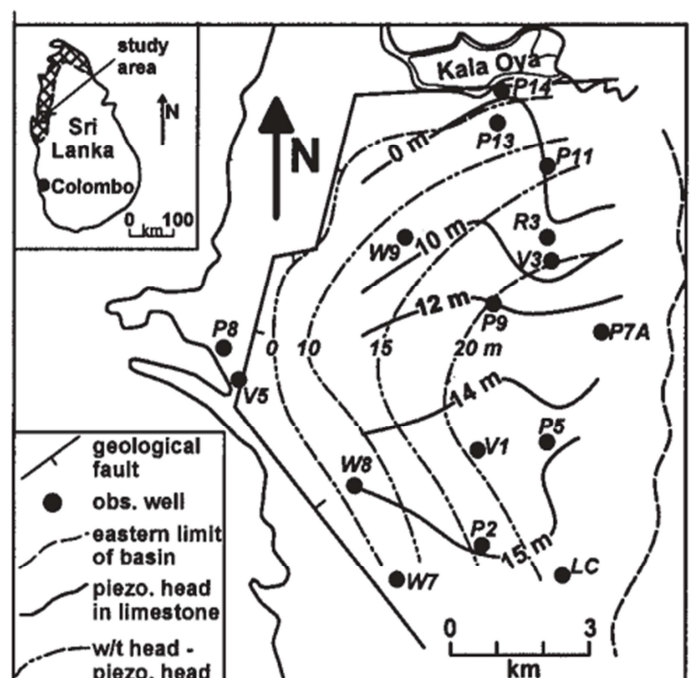


شکل ۳-۲) مقطعی از آبخوان مهسانا (Mehsana) و تبادل آب بین لایه‌های آبخوان (Kavalanekar *et al.* 1992)

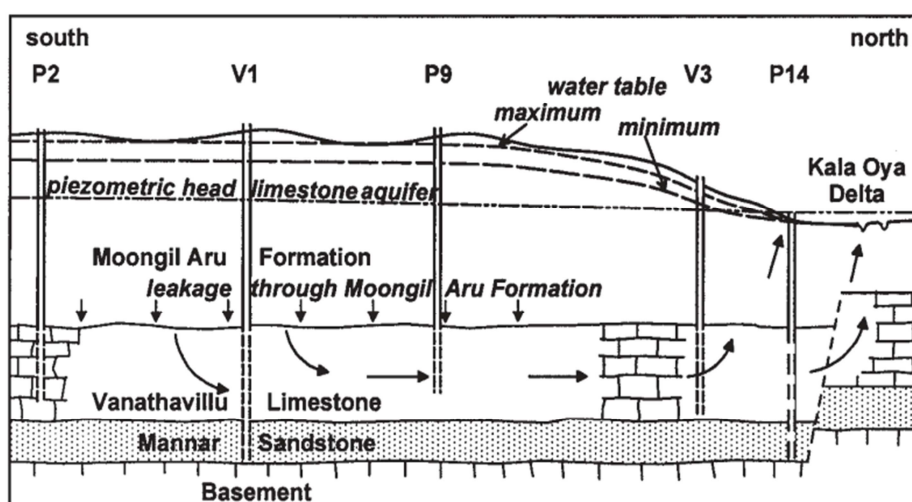


شکل ۲-۴) تغییرات سطح آب نسبت به بارش در لایه‌های مختلف آبخوان مهسانا (Kavalanekar et al. 1992)

لارنس و دارماگون وادنا (Lawrence and Dharmagunwadana, 1983) در آبخوان سنگ آهکی واناتاویلو (Vanathavillu) در بنگلادش تغییرات تراز آب را در لایه‌های مختلف آبخوان بررسی کردند. بررسی‌ها نشان داد که تراز سطح پیزومتری ۲۰ متر زیر سطح ایستابی قرار دارد. این محققین با به دست آوردن میزان اختلاف بین سطح ایستابی و سطح پیزومتری میزان تغذیه و محل‌های تبادل را مشخص کردند (شکل ۲-۴ و شکل ۲-۵).



شکل ۲-۵) نقشه خطوط هم پتانسیل آبخوان وانادیلو (خطوط پر سطح پیزومتری و خطوط شکسته سطح ایستایی را نشان می دهد). (Lawrence and Dharmagunwardena, 1983)



شکل ۲-۶) مقطع شماتیک از مکانیسم جریان در آبخوان واناتاویلو (Lawrence and Dharmagunwardena, 1983)

۲-۳-۳ بررسی آزمون پمپاژ

پس از شناسایی یک سیستم آبخوان چند لایه، در صورت وجود می توان نتایج و داده های آزمون های پمپاژ انجام شده را دوباره با تجزیه و تحلیل دقیقتر بررسی کرد. در گام اول باید بررسی کرد که آزمون پمپاژ انجام

شده، برای هر کدام از لایه‌ها یا اینکه برای تمامی لایه‌ها می‌باشد. یعنی اینکه چاه مورد نظر در یک لایه یا به تمامی لایه‌ها نفوذ کرده است. در صورتی که چاه در تمامی لایه‌ها نفوذ کرده باشد باید شرایط جدید را در آن اعمال و در صورت ناکافی بودن اطلاعات می‌توان آزمون پمپاژ را در لایه‌های مختلف دوباره برای بدست آوردن ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان انجام داد. با تعیین قابلیت انتقال آبخوان و ظرفیت ویژه لایه‌های آبخوان می‌توان میزان ذخیره‌سازی و میزان آب انتقالی به لایه‌های دیگر را محاسبه کرد. در صورت انجام آزمون پمپاژ در منطقه باید توجه کرد که آزمون پمپاژ موقعی انجام گیرد که چاه‌های بهره‌برداری در حال پمپاژ از آبخوان نباشند.

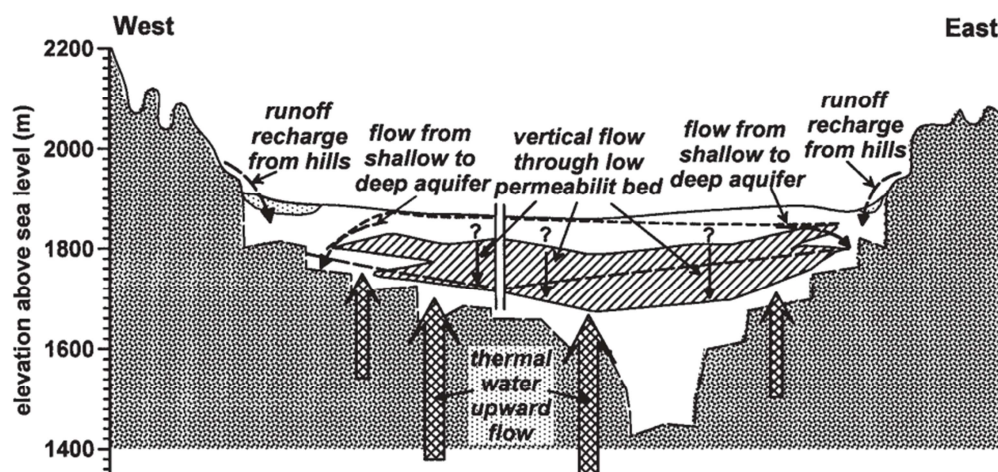
لارنس و دارماگون وادنا (Lawrence and Dharmagunwadana, 1983) پارامترهای حاصل از آزمون‌های پمپاژ را در آبخوان واناتاولیلو با دقت مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. آنها برای تجزیه و تحلیل روی لایه نشتی از روش هانتوش (Hantush, 1956) و والتون (Walton, 1962) استفاده کردند و با توجه به آزمون‌های پمپاژ انجام گرفته ضریب نشت و میزان قابلیت انتقال لایه نشتی را به دست آوردند.

۲-۳-۴ بررسی خصوصیات هیدروشیمیایی آب زیرزمینی

چندین منبع احتمالی تغذیه آب در سیستم آبخوان وجود دارد. خصوصیات هیدروشیمیایی آب نشان دهنده برخی منشاءهای احتمالی آب تغذیه شده به آبخوان می‌باشد. در حین انجام آزمون پمپاژ نمونه‌برداری و انجام آزمایشات هیدروشیمیایی صورت می‌گیرد. در صورتی که عناصر مربوط به نمونه غیر از عناصری باشند که در لاگ‌های لیتولوژی شناسایی شده‌اند، باید علت وجود این عنصر را که به احتمال زیاد نشانگر وجود منابع تغذیه آب زیرزمینی است بررسی نمود. تشابهات تیپ آب و عناصر آب زیرزمینی می‌تواند به منبع تغذیه آب زیرزمینی اشاره کند.

کاریلو و ریورا (Carrillo and Rivera, 1992) بر روی آبخوان چند لایه‌ای سان لویس پوتوسی (San Luis Potosi) در مکزیک بوسیله بررسی هیدروشیمیایی و دمایی پی به مکانیسم تغذیه آبخوان بردند.

آنها با توجه به میزان فلوراید و دمای آب زیرزمینی به این نتیجه رسیدند که با افزایش دما میزان فلوراید در آب زیرزمینی افزایش می‌یابد، که نشان دهنده تغذیه از طریق سنگ‌های ولکانیکی زیرین آبخوان می‌باشد (شکل ۲-۶).



شکل ۲-۷) مقطع شماتیک از آبخوان سان لوئیس پوتوسی (Carrillo and Rivera, 1992)

۲-۳-۵ بررسی بیلان آب

برای بررسی بیلان آب زیرزمینی لایه‌های آبدار آبخوان‌های چند لایه باید تمامی منابع آب زیرزمینی و آب سطحی ورودی به حوضه، خروجی از حوضه، ورودی از لایه‌ها و خروجی به لایه‌های دیگر را به طور دقیق مشخص کرد، مثل چشمه‌ها، آب برگشتی کشاورزی، آب تغذیه‌ای از فاضلاب شهری و صنعتی و بارندگی، جریان عمودی از طریق لایه‌های جدا کننده و غیره.

بیشترین تغذیه معمولاً از طریق بارش و رواناب ناشی از آن صورت می‌گیرد. برای محاسبه تغذیه میزان میانگین بلند مدت بارش سالیانه را باید محاسبه نمود. بر آورد تغذیه برای لایه بالایی آبخوان می‌تواند از طریق میزان نفوذ و میزان رواناب برآورد شود. تغذیه همچنین بر اثر آبیاری مناطق کشاورزی از آبهای سطحی صورت می‌گیرد که می‌تواند با محاسبه میزان نفوذ، کل آب تغذیه شده از طریق آبیاری با آبهای سطحی، محاسبه گردد. برای محاسبه تغذیه لایه عمیق تر آبخوان چند لایه نیز میزان جریان ورودی از

مقاطع ورودی و میزان جریان عمودی ورودی از آبخوان محاسبه می‌گردد. برای برآورد تخلیه برای لایه بالای آبخوان از میزان تبخیر، خروجی از لایه از طریق خروجی حوضه و جریان عمودی به لایه‌های زیرین و برداشت از طریق چاه‌های پمپاژ صورت می‌گیرد. برای لایه‌های عمیق تر آبخوان میزان تخلیه به وسیله خروج جریان از خروجی حوضه و خروجی از طریق جریان رو به بالا و برداشت از طریق چاه‌های پمپاژ حفر شده در این لایه‌ها صورت می‌گیرد.

۲-۴ مطالعات انجام شده قبلی در آبخوان مرند

در زیر چند نمونه از مطالعه‌های انجام شده در آبخوان مرند ذکر شده است.

علاف نجیب (۱۳۸۱) هیدروژئولوژی دشت مرند و تأثیر تغییرات سطح آب در کیفیت آب زیرزمینی را بررسی کرده است. نتایج نشان می‌دهد که تراز آب زیرزمینی به طور متوسط ۰/۵۹ متر بر سال افت نموده است. بررسی تغییرات متوسط هدایت الکتریکی دشت نشان می‌دهد میزان هدایت الکتریکی از سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۰ روندی صعودی داشته است. بنابراین میزان کل مواد جامد در آب زیرزمینی افزایش یافته و باعث کاهش کیفیت آب زیرزمینی شده است.

کوهستان نجفی و یآوری (۱۳۸۶) به بررسی نسبت بارندگی و تخلیه از آبخوان مرند پرداخته‌اند. با استفاده از روش‌های هیل، هاردینگ، نوسانات ویژه و نسبت بارندگی به تخلیه، میزان برداشت مجاز از آبخوان مرند را در حدود ۹۰ تا ۱۱۰ میلیون متر مکعب بر سال محاسبه کردند. نتایج نشان می‌دهد با توجه به میزان برداشت ۱۴۰ میلیون متر مکعب بر سال از آبخوان، ادامه روند کنونی سبب نشست آبخوان و کاهش آبدهی چاه‌ها خواهد شد.

علاف نجیب و همکاران (۱۳۸۵) با استفاده از مقاومت عرضی نرمال شده، میزان قابلیت انتقال را برای دشت مرند به دست آورده‌اند. آنها با استفاده از پارامترهای مشترک بین قابلیت انتقال و مقاومت عرضی، میزان قابلیت انتقال را برای آبخوان مرند از ۱۵۰ تا ۵۰۰ متر مربع بر روز محاسبه نمودند.

مومنی (۱۳۸۹) به شناسایی عوامل عمده به وجود آورنده شرایط نامطلوب کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی دشت مرند بر اثر خشکسالی پرداخته است. بررسی کمی و کیفی در منطقه نشان می‌دهد که متوسط بارندگی ماهانه در طی دوره ۳۴ ساله روند کاهشی داشته است. نتایج بررسی‌های کیفی نشان می‌دهد که میزان هدایت الکتریکی از کمترین میزان ۱۷۷۰ به بیشترین میزان ۲۱۳۰ میکروموس بر سانتی‌متر افزایش یافته است.

شمس و همکاران (۱۳۹۲) به مطالعه تأثیر چاه‌های بهره‌برداری حفر شده در چند لایه آبخوان مرند پرداخته‌اند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد این چاه‌ها راه‌های ارتباطی بین دو لایه می‌باشند، که در اختلاط آلاینده‌ها و عناصر محلول در آب بین لایه‌ها نقش به سزایی دارند.

فصل سوم: روش انجام کار

۱-۳ جمع آوری داده‌های کمی و کیفی آب زیرزمینی

سطح آب زیرزمینی در چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترهای حفر شده در آبخوان مرنده به صورت ماهانه توسط شرکت آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی اندازه‌گیری می‌شود. نمونه برداری آب از چاه‌های انتخابی نیز توسط این شرکت به صورت دو بار در سال انجام می‌شود. در این تحقیق از آمار و اطلاعات جمع‌آوری شده توسط این شرکت استفاده گردید.

۲-۳ بررسی داده‌های زمین‌شناسی در محدوده حوضه آبریز مرنده

برای تعیین حوضه آبریز مرنده از نرم افزار ArcGis 10.0 استفاده شد. حوضه تعیین شده در محیط ArcGis 10.0 به محیط Google Earth منتقل و عوارض مختلف به طور دقیق‌تر در آن مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۱-۳). برای تهیه نقشه زمین‌شناسی حوضه آبریز مرنده از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ مرنده، جلفا، تسوج که توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور تهیه شده، استفاده گردید. سپس لایه‌ها و ساختارهای زمین‌شناسی موجود در این نقشه‌ها که در محدوده حوضه آبریز مرنده قرار دارند، شناسایی و نقشه زمین‌شناسی حوضه آبریز در محیط ArcGis 10.0 تهیه گردید. برای ترسیم مقاطع ژئوفیزیک دشت از نرم افزار Surfer 11 استفاده گردید و نتایج ژئوفیزیک با استفاده از مقاطع جدید تفسیر گردید.

۳-۳ بررسی داده‌های هیدروژئولوژیکی

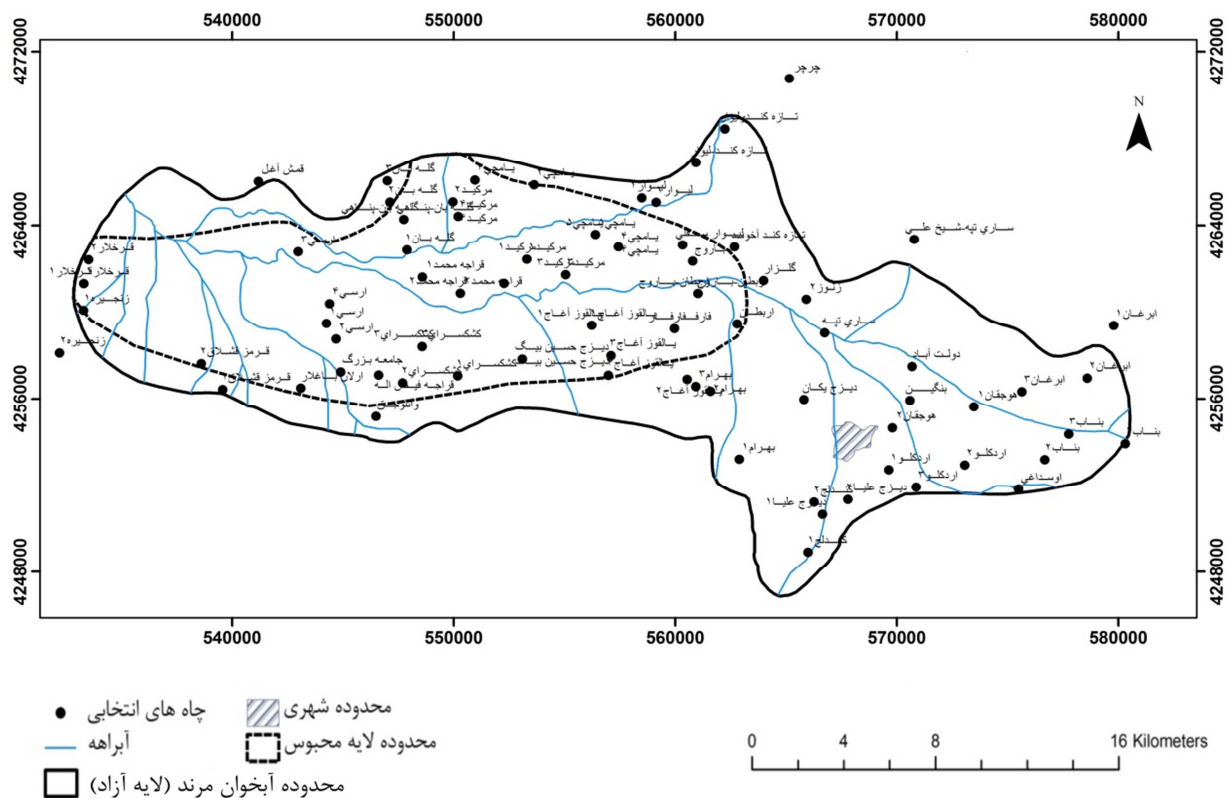
برای بررسی کمی آبخوان مرند از داده‌های ۵۰ چاه مشاهده‌ای و ۱۲ چاه پیزومتر که به صورت ماهیانه توسط شرکت آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی اندازه‌گیری شده، استفاده گردید. در این تحقیق منظور از چاه مشاهده‌ای گمانه‌های پایش حفر شده در لایه آبدار آزاد و منظور از پیزومتر گمانه‌های حفر شده در لایه آبدار محبوس می‌باشد.

۳-۳-۱ ترسیم خطوط هم پتانسیل

برای ترسیم خطوط هم پتانسیل به تفکیک لایه‌ها از داده‌های سطح آب مربوط به مهر ماه ۱۳۹۱ استفاده گردید.

۳-۴ بررسی داده‌های هیدروشیمیایی

نمونه‌برداری و اندازه‌گیری پارامترهای آب زیرزمینی در آبخوان مرند در ۷۳ حلقه چاه انتخابی، که ۵۸ حلقه در لایه آبدار آزاد و ۱۵ حلقه در لایه آبدار محبوس حفر شده‌اند، توسط شرکت آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی صورت می‌گیرد. برای بررسی خصوصیات هیدروشیمیایی لایه‌ها از این داده‌ها استفاده گردید. موقعیت چاه‌های انتخابی آبخوان مرند در شکل ۳-۲ نشان داده شده است. از نمودار کیفی پایپر جهت تعیین تیپ و رخساره آب زیرزمینی و مقایسه سریع نمونه‌ها استفاده گردید. برای ترسیم این نمودار از نرم افزار AqQA استفاده شده است. از نتایج حاصل از تعیین تیپ آب زیرزمینی برای ترسیم نقشه هم تیپ آبخوان استفاده گردید.



شکل ۳-۱) نقشه موقعیت چاه های انتخابی بر روی آبخوان مرنده

فصل چهارم: بررسی مکانیسم جریان در آبخوان مردند

۱-۴ مقدمه

در این فصل به منظور تعیین مکانیسم جریان آب زیرزمینی در آبخوان چند لایه‌ای مردند از نقشه زمین‌شناسی، لاگ‌ها و نتایج ژئوفیزیک، داده‌های سطح ایستابی، اطلاعات کیفی و نتایج آزمون پمپاژ استفاده می‌شود. موضوعات مورد بررسی شامل محدوده آبخوان و لایه‌های آن، رفتارشناسی چاه‌های مشاهده‌ای و پی‌زومترها، جهت جریان آب زیرزمینی در هر یک از لایه‌ها، بررسی ارتباط لایه‌های آبدار، بررسی مکانیسم جریان با استفاده از خصوصیات کیفی و تعیین خواص هیدرودینامیکی آبخوان می‌باشند.

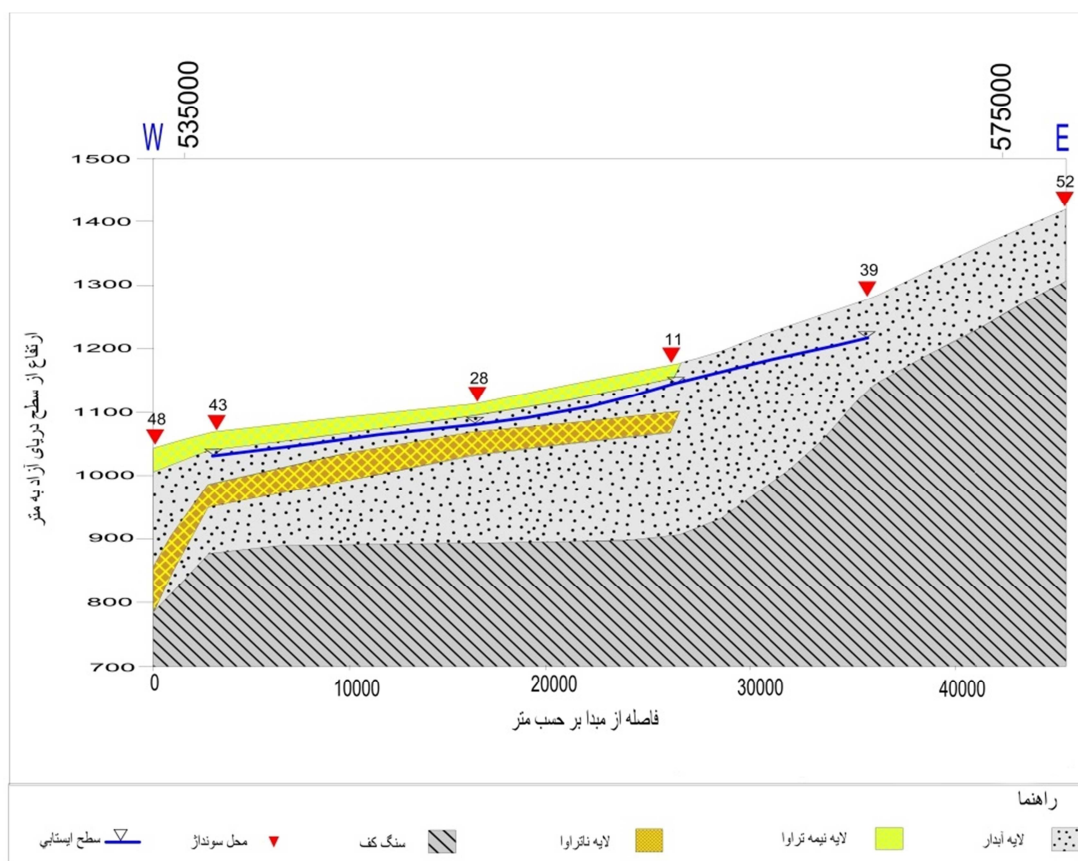
۴-۲ آبخوان مردند

حوضه آبریز مردند در استان آذربایجان شرقی قرار دارد. در مرکز این حوضه آبخوانی با مساحت ۵۱۰ کیلومتر مربع قرار دارد، که جهت مصارف شرب، کشاورزی و صنعت مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. به دلیل نوع اقلیم نیمه خشک منطقه و ناکافی بودن منابع آب سطحی دائمی، نیاز این بخش‌ها از منابع آب زیرزمینی واقع در این آبخوان تأمین می‌شود.

بنابر مطالعات انجام شده قبلی در این منطقه و مطالعات حاضر آبخوان مردند از نوع دو لایه‌ای بوده که لایه بالایی از نوع آبدار آزاد و لایه زیرین از نوع آبدار محبوس می‌باشد. ویژگی هر یک از لایه‌ها در ادامه اشاره شده است.

۴-۲-۱ لایه آبدار آزاد

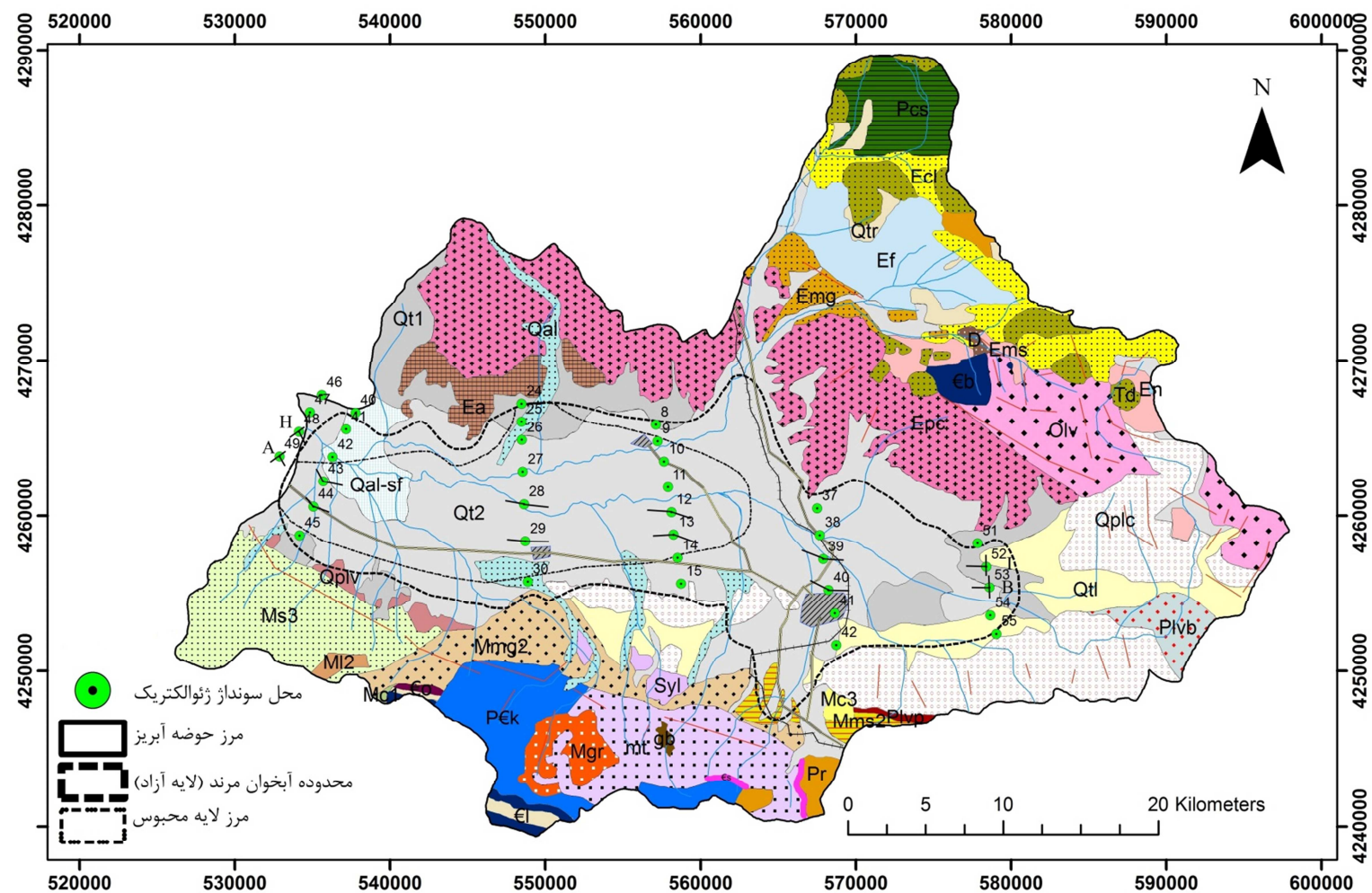
حد و مرز این لایه توسط شرکت آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی مشخص گردیده است. حد این لایه در مطالعات پیشین چنانکه در فصل اول ذکر گردیده، تا مرز لایه آبدار نیمه‌محبوس ترسیم شده است. با بررسی سطح آب زیرزمینی و افت سطح آب در آبخوان، سطح آب چندین متر زیر لایه نیمه تراوا قرار گرفته است (شکل ۴-۱). بنابراین لایه آبدار نیمه‌محبوس موجود در نیمه غربی آبخوان عملاً از بین رفته و جزئی از لایه آبدار آزاد محسوب می‌گردد. بنابراین لایه آبدار آزاد از ابتدای آبخوان در شرق تا انتهای آن در غرب گسترش داشته و وسعت این لایه ۵۱۰ کیلومتر مربع می‌باشد. ارتفاعات شمالی و جنوبی آبخوان تغذیه کننده اصلی لایه آبدار آزاد می‌باشند. این لایه در محدوده جغرافیایی $45^{\circ} 21'$ و $46^{\circ} 55'$ طول شرقی و $38^{\circ} 34'$ و $38^{\circ} 22'$ عرض شمالی واقع شده است. موقعیت این لایه از آبخوان در شکل ۴-۲ نشان داده شده است.



شکل ۴-۱) سطح آب زیرزمینی در مقطع طولی آبخوان

۴-۲-۲ لایه آبدار محبوس

در این تحقیق برای تعیین مرز لایه آبدار محبوس از لاگ گمانه‌های اکتشافی، پیزومترها و همچنین لاگ‌های ژئوفیزیکی استفاده گردید. با ترسیم دو مقطع طولی از آبخوان (شکل ۴-۳) مشخص گردید که لایه ناتراوا (محبوس کننده) و لایه آبدار محبوس از نیمه آبخوان تا انتهای غربی آبخوان امتداد دارد. این مقاطع نشان می‌دهند لایه محبوس کننده تا انتهای آبخوان در غرب ادامه دارد. بنابراین مرز این لایه که در مطالعات قبلی شکل ۴-۱ ترسیم شده بود، اصلاح می‌گردد که در شکل ۴-۲ نشان داده شده است. بنابراین لایه آبدار محبوس آبخوان مرنند در محدوده جغرافیایی $45^{\circ} 21'$ و $45^{\circ} 46'$ طول شرقی و $38^{\circ} 33'$ و $38^{\circ} 27'$ عرض شمالی قرار دارد و وسعت آن حدود $228/4$ کیلومتر مربع می‌باشد.



شکل ۴-۲) موقعیت لایه‌های آبدار آزاد و محبوس آبخوان مرنده در نقشه حوضه آبریز (موقعیت سونداژهای ژئوالکتریک نیز در این تصویر نمایش داده شده است).

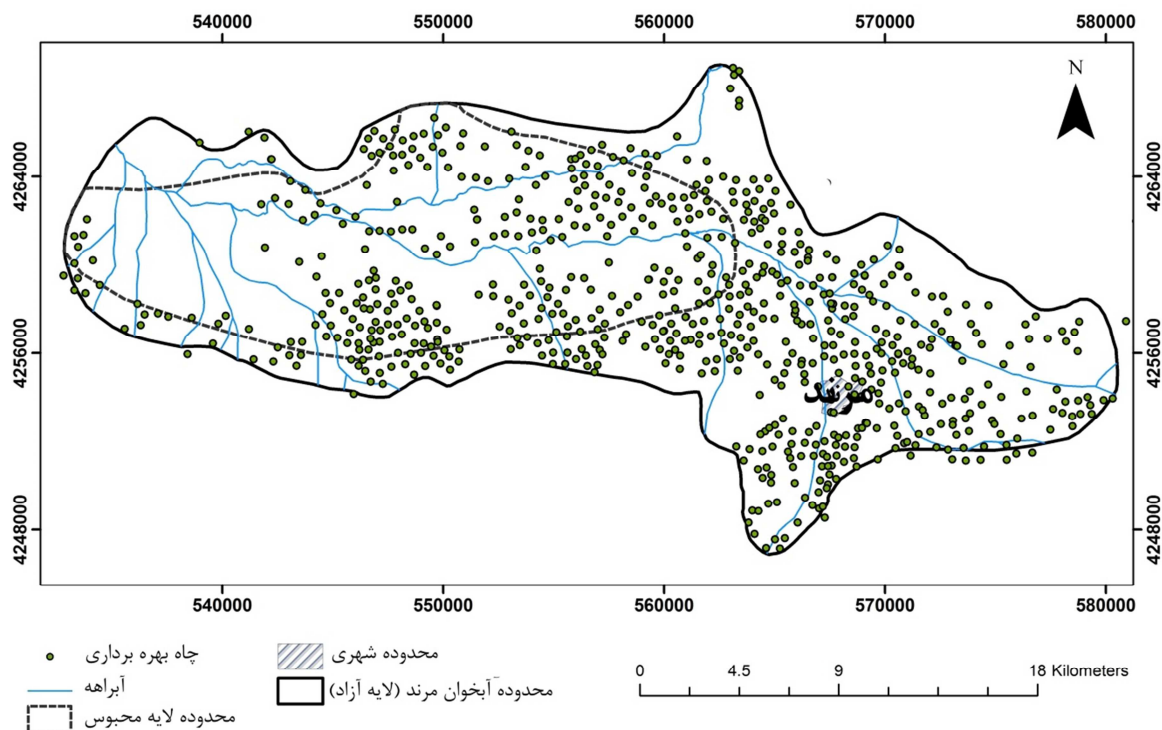
فصل چهارم: بررسی مکانیسم جریان در آبخوان مرنه



شکل ۳-۴) مقاطع طولی مشخص کننده لایه بندی آبرفت دشت مرنه در امتداد شرق - غرب (موقعیت مقاطع در شکل ۲-۴ نشان داده شده است).

۴-۲-۳ منابع آب زیرزمینی

مهمترین منابع آبی در حوضه آبریز مرنده، منابع آب زیرزمینی می‌باشند که برای استفاده‌های گوناگون مثل کشاورزی، شرب و صنعت به وسیله قنات یا چاه مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند. بر اساس آخرین آمار برداری سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی در سال ۱۳۸۷، تعداد منابع آبی شناسایی شده در محدوده آبخوان مرنده ۷۵۶ حلقه چاه، ۷۳ دهنه چشمه و ۱۳۵ رشته قنات می‌باشد. میزان بهره‌برداری هر یک از آنها در جدول ۴-۱ ارائه شده است. لازم به ذکر است در این منطقه حد بین چاه نیمه عمیق و عمیق ۵۰ متر می‌باشد. براساس ارقام ارائه شده در جدول بیشتر چاه‌ها دارای عمق بیشتر از ۵۰ متر می‌باشند. شکل ۴-۴ موقعیت چاه‌های بهره‌برداری در محدوده آبخوان مرنده را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۴) موقعیت چاه‌های بهره‌برداری بر روی آبخوان مرنده

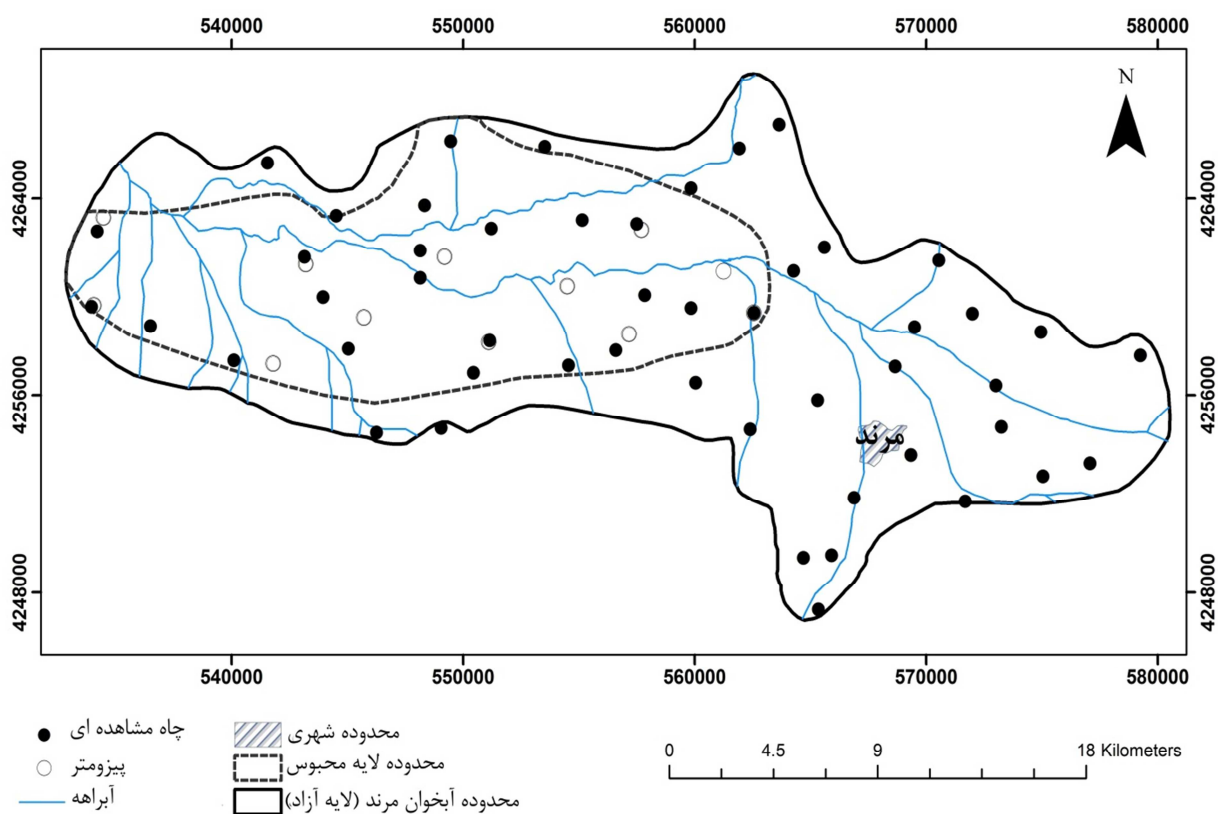
فصل چهارم: بررسی مکانیسم جریان در آبخوان مردند

جدول ۴-۱) خلاصه آمار منابع آب زیرزمینی مردند، براساس تعداد چاه، چشمه، قنات به تفکیک نوع مصرف و نرخ تخلیه (متر مکعب بر سال) (آمار برداری سال ۱۳۸۷ شرکت آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی)

منابع آب زیرزمینی												
قنات	چشمه	چاه (به تفکیک نوع مصرف)										
		سایر مصارف	مصرف کشاورزی	مصرف خدمات	مصرف صنعت	مصرف شرب روستایی	مصرف شرب شهری	مصرف آبی پروری	مصرف دام و طیور	مصرف گلخانه	مصرف فضای سبز	
-	-	۲۸۹۶۴۲/۵۴	۸۹۷۲۵۷۳۴/۷۶	۵۷۳۳۲۰	۲۵۹۳۷۹۷/۵	۵۷۴۹۰۲۵	۶۰۴۴۵۴۰	۵۴۲۴۸/۴	۱۲۰۲۵۴۵/۷	۱۳۶۸۰	۵۴۶۶۶۷/۵	تخلیه سالانه مجاز
۳۵۴۱۷۷۴۸	۴۳۴۵۶۶۰/۸	۵۸۶۹۰/۲	۱۴۷۹۰۷۱۱۹/۶	۳۰۴۸۵۰/۱	۲۵۷۶۱۳۱/۱	۱۳۲۸۲۳۸۰/۴	۷۴۴۹۳۰۴	۵۱۵۶۶/۴	۱۴۰۰۵۸۹/۷	۱۶۱۰۸	۱۷۲۹۸۷/۳	تخلیه سالانه موجود
۱۳۵	۷۳	۵	۳۳	۴	۶	۳	-	-	۸	-	۱	چاه نیمه عمیق
		۲	۵۳۲	۱۱	۳۳	۳۵	۲۷	۳	۴۵	۱	۷	چاه عمیق
		۷	۵۶۵	۱۵	۳۹	۳۸	۲۷	۳	۵۳	۱	۸	تعداد کل

۳-۴ رفتارسنجی چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها

آبخوان مرند دارای ۶۲ چاه مشاهده‌ای و پیزومتر می‌باشد که تعداد ۱۲ چاه پیزومتر در لایه آبدار محبوس و تعداد ۵۰ چاه مشاهده‌ای در لایه آبدار آزاد حفاری شده است (شکل ۴-۵)، که سطح آب در این چاه‌ها به طور ماهانه اندازه گیری می‌گردد. در ادامه تغییرات سطح آب در چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها به تفکیک لایه‌های آبدار آزاد و محبوس بررسی شده است.



شکل ۴-۵) موقعیت چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترهای حفاری شده در آبخوان مرند

۴-۳-۱ رفتار سنجی چاه‌های مشاهده‌ای لایه آبدار آزاد

لایه آبدار آزاد آبخوان مرند دارای ۵۰ چاه مشاهده‌ای می‌باشد، که از این تعداد ۶ چاه مشاهده‌ای خشک شده‌اند. مشخصات هر یک از چاه‌های مشاهده‌ای و نرخ افت (متر بر سال) آنها در دوره ۵ ساله از سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۱ در جدول ۴-۲ ارائه شده است. چاه‌های مشاهده‌ای لایه آبدار آزاد دارای پاسخ سریع نسبت به بارش می‌باشند. میزان افت در چاه‌های مشاهده‌ای از نرخ افزایشی ۰/۲۱ متر بر سال در چاه مشاهده‌ای کندلج-کنار راه آهن تا نرخ کاهشی ۰/۱۹- متر بر سال در چاه مشاهده‌ای راه قدیم چواش متغیر می‌باشد. متوسط میزان افت در چاه‌های مشاهده‌ای ۰/۴۹- متر بر سال می‌باشد.

جدول ۴-۲) مشخصات چاه‌های مشاهده‌ای آبخوان مرند (لایه آبدار آزاد)

ردیف	محل چاه	مختصات چاه		عمق چاه (متر)	ارتفاع مطلق نقطه نشانه (متر)	افت (متر بر سال) (۱۳۸۷- ۱۳۹۱)	ارتفاع سطح ایستایی از سطح مبنا (متر) (مهر ۹۱)
		X	Y				
۱	شمال غرب ابرغان	۵۷۹۲۵۰	۴۲۵۷۶۰۰	۶۴	۱۴۶۸/۰۵	۰/۴۵	-
۲	شمال شرق دولت آباد	۵۷۴۹۵۰	۴۲۵۸۵۵۰	۱۳۲	۱۳۵۵/۹۴	خشک	-
۳	ساری تپه به دولت آباد	۵۷۲۰۰۰	۴۲۵۹۳۰۰	۱۲۶	۱۳۱۸/۷۶	خشک	-
۴	دولت آباد راه کوره	۵۶۹۵۰۰	۴۲۵۸۷۵۰	۶۲	۱۲۶۷/۳۷	-۰/۲۵	۱۲۱۲/۰۷
۵	دولت آباد- منبع آب	۵۷۳۰۱۱	۴۲۵۶۳۷۹	۹۲	۱۳۰۶/۴۹	-۱/۸۱	۱۲۲۵/۲۹
۶	ساری تپه نزد روستا	۵۷۰۵۵۰	۴۲۶۱۴۵۰	۸۰	۱۳۳۲/۱۸	۰/۵۱	۱۳۲۳/۹۴
۷	جاده ساری تپه- شرق باغ رضوان	۵۶۸۶۶۵	۴۲۵۷۱۵۲	۱۰۳	۱۲۶۹/۷۴	-۰/۲۵	۱۲۱۱/۵۶
۸	جنب باغ دکترکنگری	۵۶۵۶۰۵	۴۲۶۱۹۸۶	۱۲۳	۱۲۴۰/۷۵	-۱/۸۴	۱۱۳۳/۱۵
۹	هوچقان	۵۷۳۲۵۰	۴۲۵۴۷۰۰	۸۵	۱۳۱۴/۲۸	-۱/۷۹	۱۲۵۹/۵۷
۱۰	راه بناب	۵۷۷۰۷۷	۴۲۵۳۲۲۱	۱۰۲	۱۳۷۹/۳۱	-۱/۵۱	۱۲۸۰/۴۸
۱۱	اسداغی	۵۷۵۰۵۰	۴۲۵۲۷۰۰	۷۲	۱۳۵۹/۷۲	-۰/۵۶	۱۲۹۱/۴۲
۱۲	جاده اردکلو-بلوار علامه امینی	۵۶۹۳۴۳	۴۲۵۳۵۶۳	۱۴۶	۱۳۲۱/۴۲	خشک	-
۱۳	راه قدیم جواش	۵۷۱۶۸۴	۴۲۵۱۶۸۲	۷۳	۱۳۴۱/۵۱	-۲/۲۹	۱۲۸۰/۵۶
۱۴	کندلج-کنار راه آهن	۵۶۶۸۸۶	۴۲۵۱۸۲۸	۱۳۳	۵۰۱۴۴۰	۲/۵۴	۱۳۰۱/۰۸
۱۵	کندلج-کنار جاده	۵۶۴۷۰۰	۴۲۴۹۴۰۰	۴۲	۱۵۱۱/۸۱	۰/۱۳	۱۴۹۴/۷۱
۱۶	قره قوم مرند	۵۶۵۳۵۰	۴۲۴۷۳۰۰	۵۰	۱۵۹۳/۶۴	۰/۹۲	۱۵۶۹/۸۴
۱۷	جاده جلفا- نرسیده به سرد خانه	۵۶۵۳۱۰	۴۲۵۵۷۹۸	۱۷۶	۱۳۰۵/۵۱	-۱/۵۹	۱۱۵۸/۶
۱۸	بهرام	۵۶۲۴۰۰	۴۲۵۴۶۰۰	۹۴	۱۳۱۷/۲۱	۰/۱۵	۱۲۴۱/۴۱

فصل چهارم: بررسی مکانیسم جریان در آبخوان مرند

جدول ۴-۲) ادامه

ردیف	محل چاه	مختصات چاه		عمق چاه (متر)	ارتفاع مطلق نقطه نشانه (متر)	افت (متر بر سال) (۱۳۸۷-) (۱۳۹۱)	ارتفاع سطح ایستابی از سطح مبنا (متر) (مهر ۹۱)
		X	Y				
۱۹	کیلومتر ۹ غرب مرند	۵۶۰۰۵۰	۴۲۵۶۵۰۰	۹۰	۱۲۵۰/۹۱	-۰/۲۱	۱۱۷۹/۳۱
۲۰	گلزار	۵۶۴۲۷۸	۴۲۶۱۰۲۷	۸۴	۱۲۲۳/۷۱	۰/۷۲	۱۱۶۷/۹۱
۲۱	اربطان جنب قبرستان	۵۶۲۵۵۱	۴۲۵۹۳۲۹	۸۷	۱۲۲۳/۵۱	-۱/۱۲	۱۱۵۳/۰۶
۲۲	فار فاز (۱)	۵۵۹۸۴۵	۴۲۵۹۵۲۵	۵۲	۱۱۹۹/۰۴	-۰/۳۹	۱۱۶۹/۵۲
۲۳	شرق یالقوز آغاج	۵۵۷۸۵۰	۴۲۶۰۰۵۰	۳۸	۱۱۷۲/۵۴	-۱/۰۲	-
۲۴	غرب ایلات کندی	۵۵۶۶۰۰	۴۲۵۷۸۱۸	۷۸	۱۱۹۵/۸۷	-۰/۵۱	۱۱۵۰/۴۶
۲۵	سه راهی حسین بیک	۵۵۴۵۵۰	۴۲۵۷۲۰۰	۷۲	۱۱۹۱/۵۶	خشک	۱۱۲۶/۱
۲۶	شرق کشکسرای- موسوی	۵۵۰۴۵۰	۴۲۵۶۸۹۲	۴۴	۱۱۴۷/۸۲	-۰/۱۴	۱۱۴۰/۵
۲۷	کوشکسرای- ارلان	۵۴۹۰۵۰	۴۲۵۴۶۵۰	۷۲	۱۲۰۲/۹۶	-۰/۰۱	۱۱۳۶/۶۶
۲۸	شوره کت کوشکسرای (۱)	۵۵۱۱۵۰	۴۲۵۸۲۰۰	۵۲	۱۱۲۴/۵۸	-۰/۵۶	۱۰۹۶/۵۸
۲۹	وانلوجیق- ارلان (کنار جاده)	۵۴۶۲۶۶	۴۲۵۴۴۶۳	۱۲۵	۱۱۶۴/۵۸	-۱/۴۶	۱۰۴۸/۹۸
۳۰	جاده کندلج به ملا یوسف	۵۴۵۹۱۶	۴۲۴۹۵۰۲	۷۳	۱۵۰۰/۹۱	۰/۱۳	۱۴۸۹/۱۹
۳۱	جامعه بزرگ	۵۴۵۰۴۸	۴۲۵۷۸۷۱	۴۷	۱۱۰۲/۹۴	-۰/۳۵	۱۰۸۷/۲۴
۳۲	اراضی ارسی (۱)- زلیبیرچای	۵۴۳۱۵۰	۴۲۶۱۶۰۰	۲۷	۱۰۶۳/۵۳	خشک	-
۳۳	ارسی - سمت چپ	۵۴۳۹۴۸	۴۲۵۹۹۶۵	۲۴	۱۰۷۲/۳۸	-۰/۳۸	۱۰۶۶/۲۶
۳۴	کیلومتر ۳۱ غرب مرند	۵۴۰۱۰۰	۴۲۵۷۴۰۰	۳۰	۱۰۸۲/۳۱	-۰/۳۸	۱۰۶۶
۳۵	قرمزی قشلاق- جاده گزافر	۵۳۶۵۰۰	۴۲۵۸۸۰۰	۲۱	۱۰۷۷/۴۰	-۰/۷۱	۱۰۶۳/۲۵
۳۶	جاده زنجیره- سمت چپ	۵۳۳۹۵۵	۴۲۵۹۵۷۷	۶۵	۱۰۸۳/۱۹	-۰/۵۸	۱۰۳۳/۸۴
۳۷	قرخلار (۱)	۵۳۴۲۰۰	۴۲۶۲۶۵۰	۳۰	۱۰۵۵/۳۹	-۰/۸۷	۱۰۳۶/۳۹
۳۸	تازه کند- محمودآباد	۵۶۱۹۲۶	۴۲۶۶۰۳۵	۳۴	۱۲۶۴/۴۲	خشک	۱۲۳۰/۶
۳۹	چرچر	۵۶۳۶۵۰	۴۲۶۷۰۰۰	۱۴	۱۳۱۰/۹۸	۰/۱۴	۱۳۰۲/۱۸
۴۰	راه لیوار	۵۵۹۸۴۹	۴۲۶۴۴۰۶	۱۰۰	۱۲۲۳/۰۷	-۱/۲۹	۱۱۴۴/۰۲
۴۱	اراضی یامچی	۵۵۷۵۰۰	۴۲۶۲۹۵۰	۷۲	۱۱۸۱/۰۴	-۰/۵۳	۱۱۳۷/۴۴
۴۲	جاده مرکید به یامچی	۵۵۵۱۵۰	۴۲۶۳۱۰۰	۵۱	۱۱۵۳/۳۳	-۰/۳۶	۱۱۴۱/۷۳
۴۳	بین مرکید - گله بان	۵۵۱۲۲۰	۴۲۶۲۷۵۸	۵۰	۱۱۰۹/۲۵	-۰/۸۹	۱۰۸۴/۶
۴۴	قراجه محمد گله بان (۱)	۵۴۸۱۵۰	۴۲۶۱۸۵۰	۲۱	۱۰۸۶/۱۲	-۰/۷۹	۱۰۶۷/۲۲
۴۵	قراجه محمد گله بان (۲)	۵۴۸۱۵۰	۴۲۶۰۷۵۰	۲۴	۱۰۸۴/۷۷	-۰/۷۸	۱۰۷۷/۴۲
۴۶	قراش یامچی	۵۵۳۵۲۳	۴۲۶۶۱۰۹	۱۰۰	۱۱۶۵/۷۳	-۰/۲۵	۱۰۹۲/۸۸
۴۷	جنوب شرق گله بان	۵۴۸۳۴۳	۴۲۶۳۷۰۵	۱۵۶	۱۱۰۲/۴۱	خشک	-
۴۸	شمال شرق گله بان	۵۴۹۴۶۲	۴۲۶۶۳۲۵	۹۶	۱۱۵۵/۱۲	-۰/۹۳	۱۰۷۰/۴۲
۴۹	گله بان - قمیش آغل	۵۴۴۵۲۵	۴۲۶۳۲۸۰	۵۴	۱۰۶۴/۸۰	-۰/۵۳	۱۰۴۹/۷
۵۰	قمیش آغل	۵۴۱۵۵۰	۴۲۶۵۴۵۰	۱۲۶	۱۰۵۱/۸۱	-۰/۲۴	۱۰۴۰/۳۱

فصل چهارم: بررسی مکانیسم جریان در آبخوان مرنند

با توجه به نوسانات هیدروگراف چاه‌های مشاهده‌ای و بر اساس نرخ افت در آنها، چاه‌های مشاهده‌ای

به ۳ گروه تقسیم گردید (جدول ۴-۳).

جدول ۴-۳) تقسیم بندی چاه‌های مشاهده‌ای بر اساس رفتار هیدروگراف و نرخ افت

اسامی چاه‌های مشاهده‌ای	نوع رفتار	گروه
شوره کت کوشکسرای ۱، بین مرکید و گله بان، اربطان جنب قبرستان، قرخلار، هوچقان، وانلوجیق-ارلان (کنار جاده)، گله بان - قمیش آغل، قرمزی قشلاق جاده گزافر، قراجه محمد گله بان ۱-جدید، قراجه محمد گله بان ۲، شمال شرق گله بان، راه لیوار، دولت آباد منبع آب، جنب باغ دکتر کنگری، جاده جلفا-نرسیده به سردخانه، جاده زنجیره سمت چپ، شرق یالقوز آغاج، غرب ایلات کندی، راه قدیم جواش، راه بناب، اسداغی، فارفار ۱، اراضی یامچی	کاهش	زیر گروه اول
کیلومتر ۳۱ غرب مرنند (قرمزی قشل، قمیش آغل، جاده مرکید به یامچی، دولت آباد راه کوره، اراضی ارسی (سمت چپ)، کیلومتر ۹ غرب مرنند، قراش یامچی، جامعه بزرگ،	کاهش اندک	زیر گروه دوم
قره قوم مرنند، شمال غرب ابرغان، گلزار، ساری تپه نزد روستا، جاده کندلیج به ملایوسف، کندلیج-کنار راه آهن، کندلیج-کنار جاده	افزایشی	گروه دوم
چرچر، تازه کند-محمودآباد، جاده ساری تپه - شرق باغ رضوان، بهرام، شرق کوشکسرای-موسوی، کوشکسرای ارلان	ثابت	گروه سوم

۴-۳-۱-۱ چاه‌های مشاهده‌ای گروه اول - زیر گروه اول

این چاه‌های مشاهده‌ای (جدول ۴-۳) در بخش‌های مختلف لایه آبدار آزاد پراکنده بوده و دارای روند

کاهش مشخصی می‌باشند (شکل ۴-۶). تمرکز چاه‌های بهره‌برداری در اطراف چاه‌های این گروه زیاد

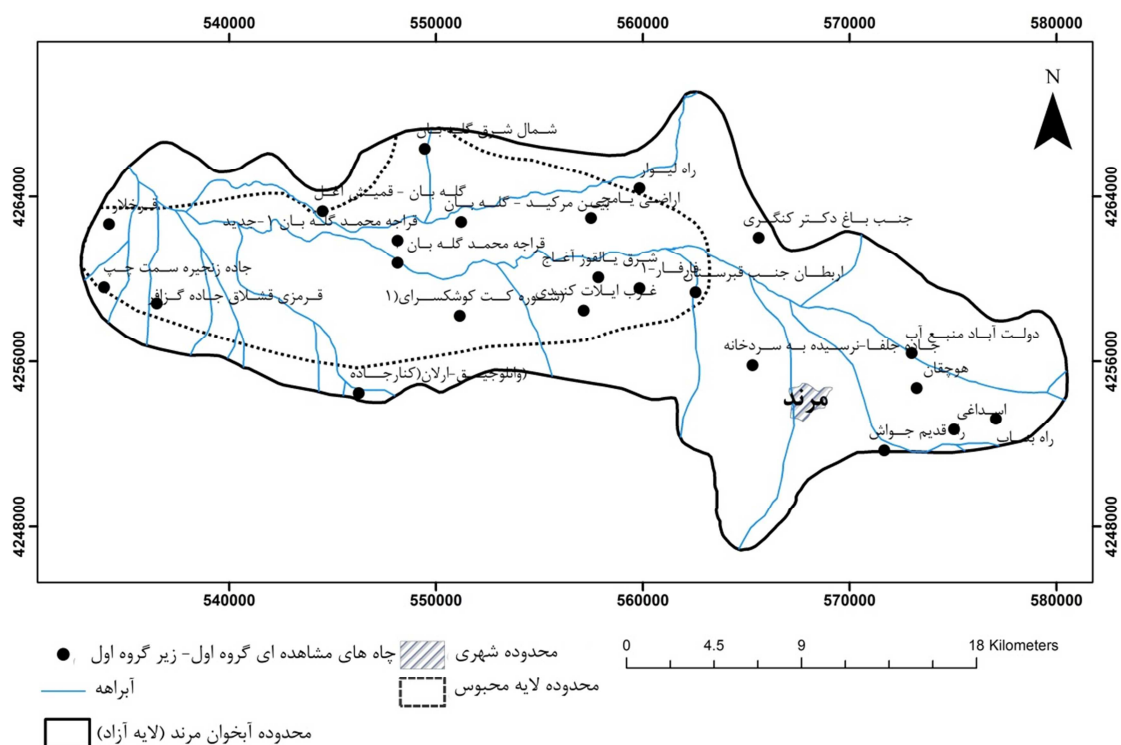
بوده و بنابراین تخلیه از آنها برای مصارف گوناگون بویژه کشاورزی باعث افت بیشتر در سطح آب در

این نواحی شده است. بیشترین نرخ افت در این دسته مربوط به چاه مشاهده‌ای راه قدیم جواش با نرخ

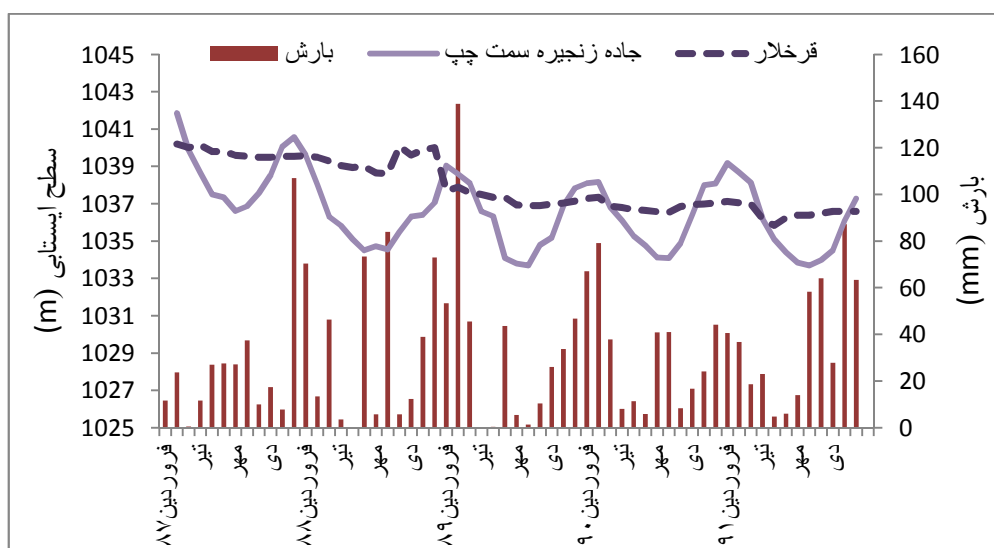
افت ۲/۲۹- متر بر سال و کمترین نرخ افت مربوط به چاه مشاهده‌ای فارفار با نرخ افت ۰/۳۹- متر بر

سال می‌باشد (شکل ۴-۷).

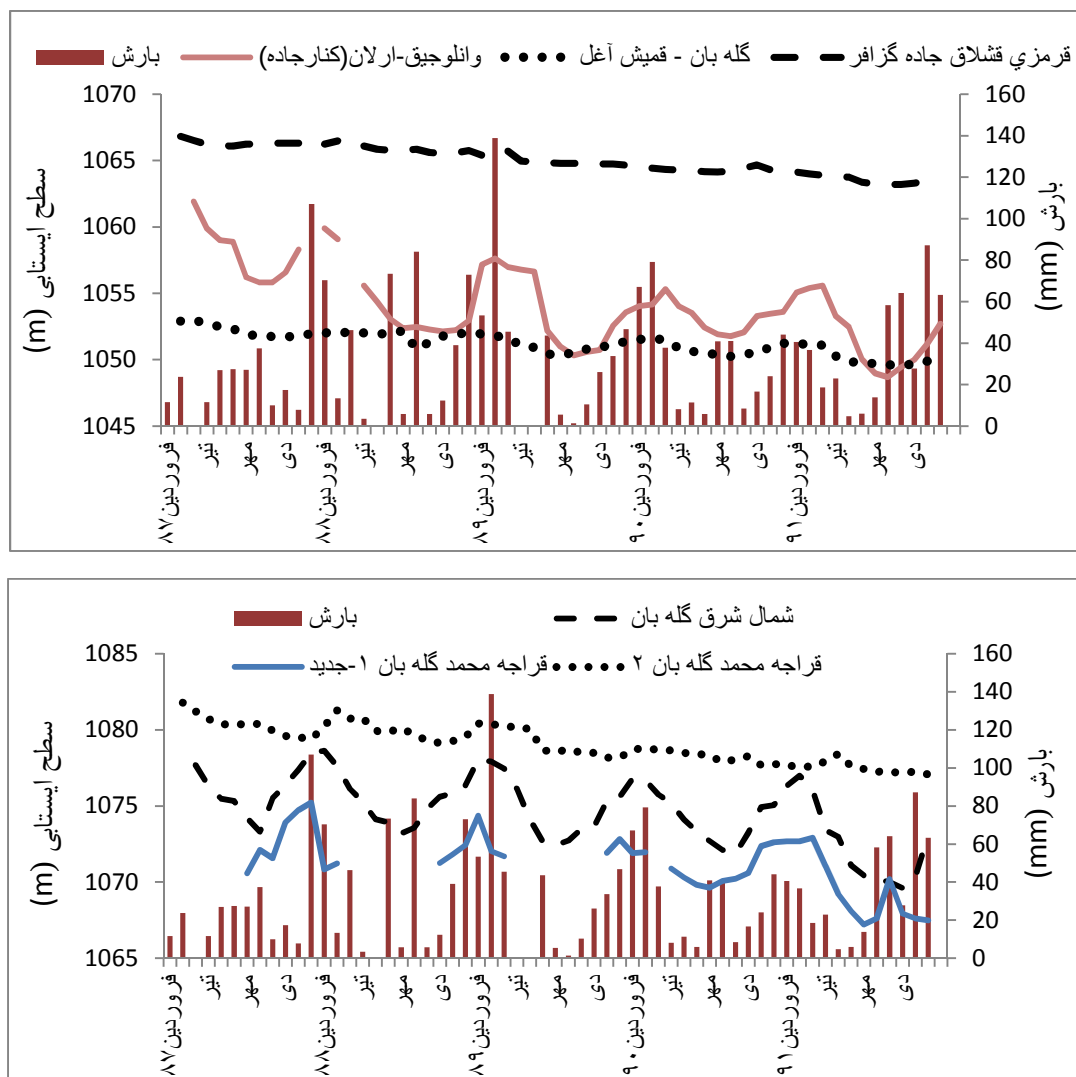
فصل چهارم: بررسی مکانیسم جریان در آبخوان مرند



شکل ۴-۶) موقعیت چاه‌های مشاهده‌ای گروه اول - زیر گروه اول (لایه آبدار آزاد)



شکل ۴-۷) هیدروگراف چاه‌های مشاهده‌ای گروه اول - زیر گروه اول



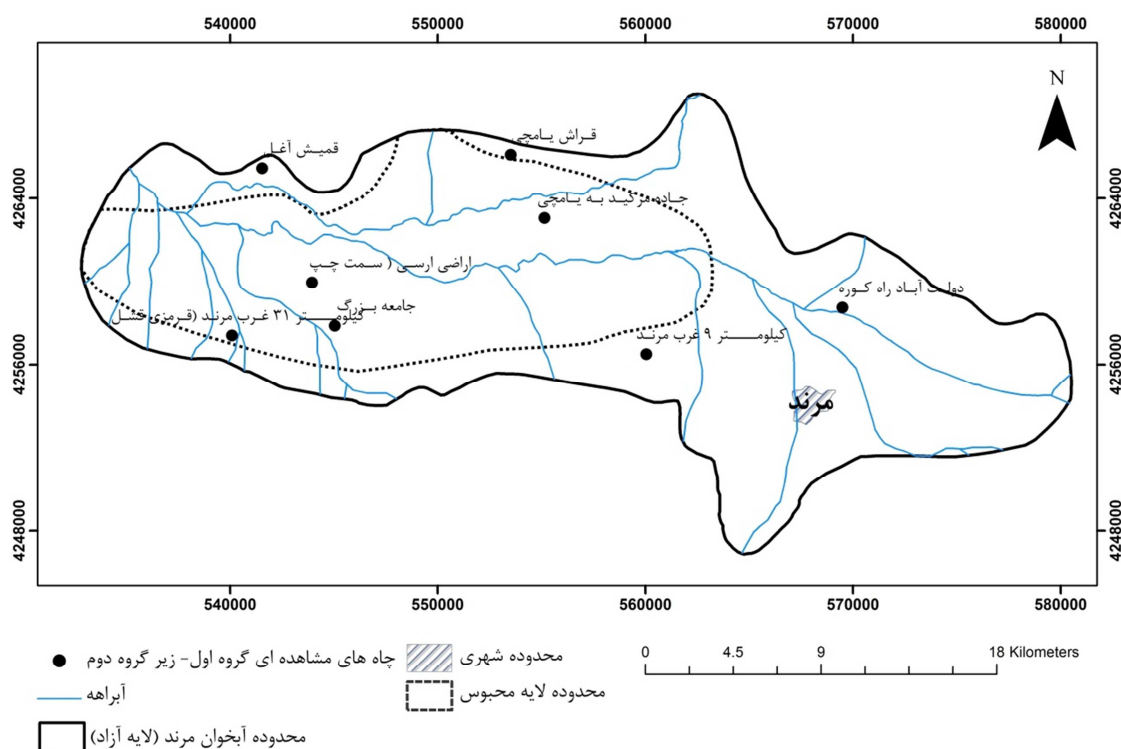
شکل ۴-۷ ادامه

۲-۱-۳-۴ چاه‌های مشاهده‌ای گروه اول - زیر گروه دوم

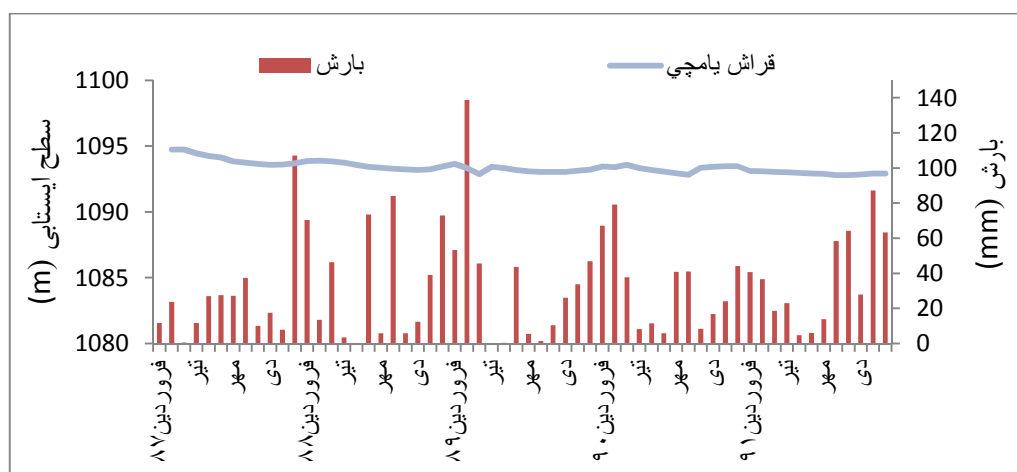
این دسته شامل چاه‌های مشاهده‌ای کیلومتر ۳۱ غرب مرنده (قرمزی قشلاق)، قمیش آغل، جاده مرکید به یامچی، دولت آباد راه کوره، اراضی ارسی (سمت چپ)، کیلومتر ۹ غرب مرنده، قراش یامچی، جامعه بزرگ هستند. این چاه‌ها در حواشی سفره و بعضاً نزدیک به مسیر رودخانه‌ها قرار گرفته‌اند. چاه‌های بهره‌برداری تمرکز کمتری در اطراف آنها دارند. این دسته از چاه‌های مشاهده‌ای دارای روند کاهشی کمتری نسبت به گروه اول - زیر گروه اول می‌باشند (شکل ۴-۸). بیشترین و کمترین نرخ

فصل چهارم: بررسی مکانیسم جریان در آبخوان مرند

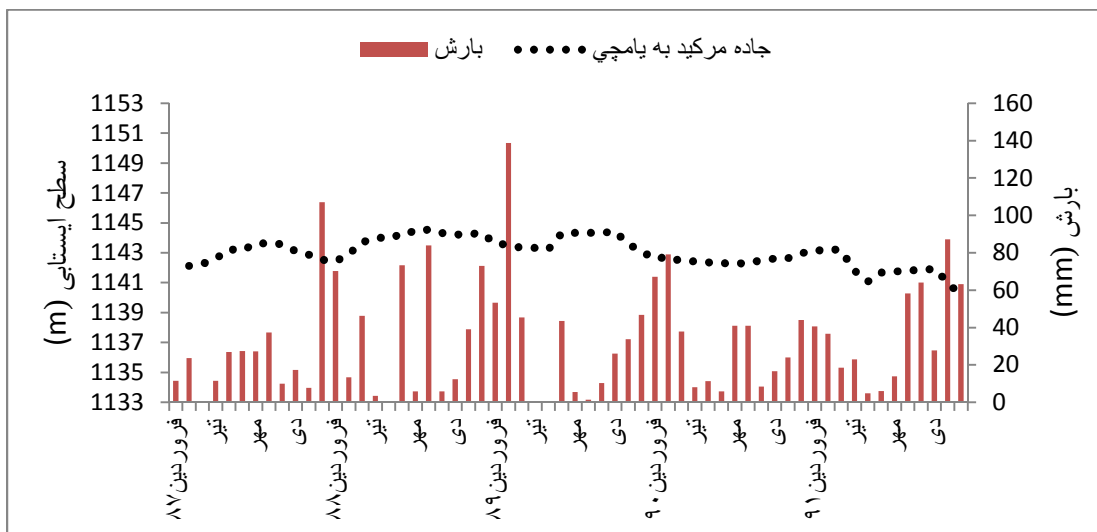
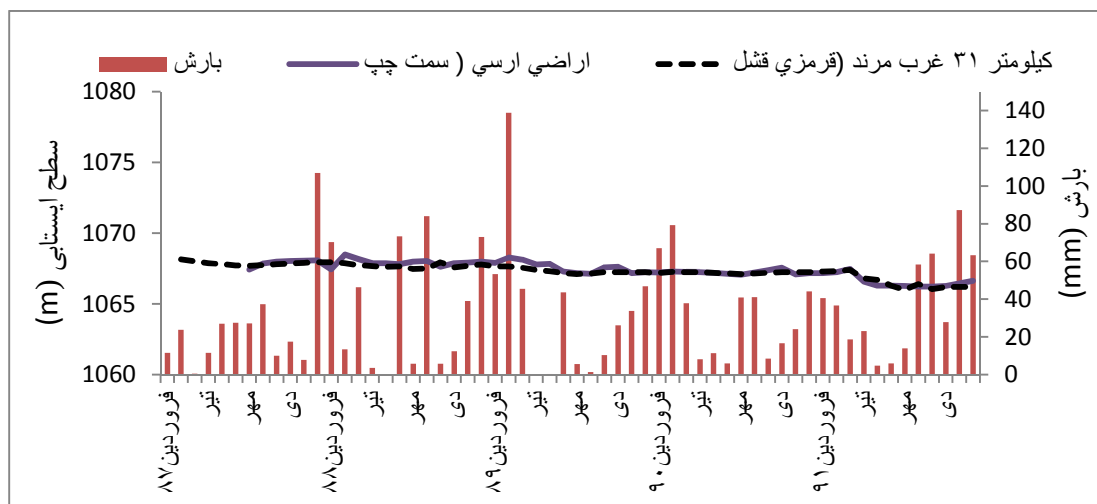
افت در این دسته به ترتیب مربوط به چاه مشاهده‌ای کیلومتر ۳۱ غرب مرند و اراضی ارسی (سمت چپ) با نرخ $0/38$ - متر بر سال و چاه مشاهده‌ای کیلومتر ۹ غرب مرند با نرخ افت $0/21$ - متر بر سال می‌باشد (شکل ۴-۹).



شکل ۴-۸) موقعیت چاه‌های مشاهده‌ای گروه اول - زیر گروه دوم (لایه آبدار آزاد)



شکل ۴-۹) هیدروگراف چاه‌های مشاهده‌ای گروه اول - زیر گروه دوم

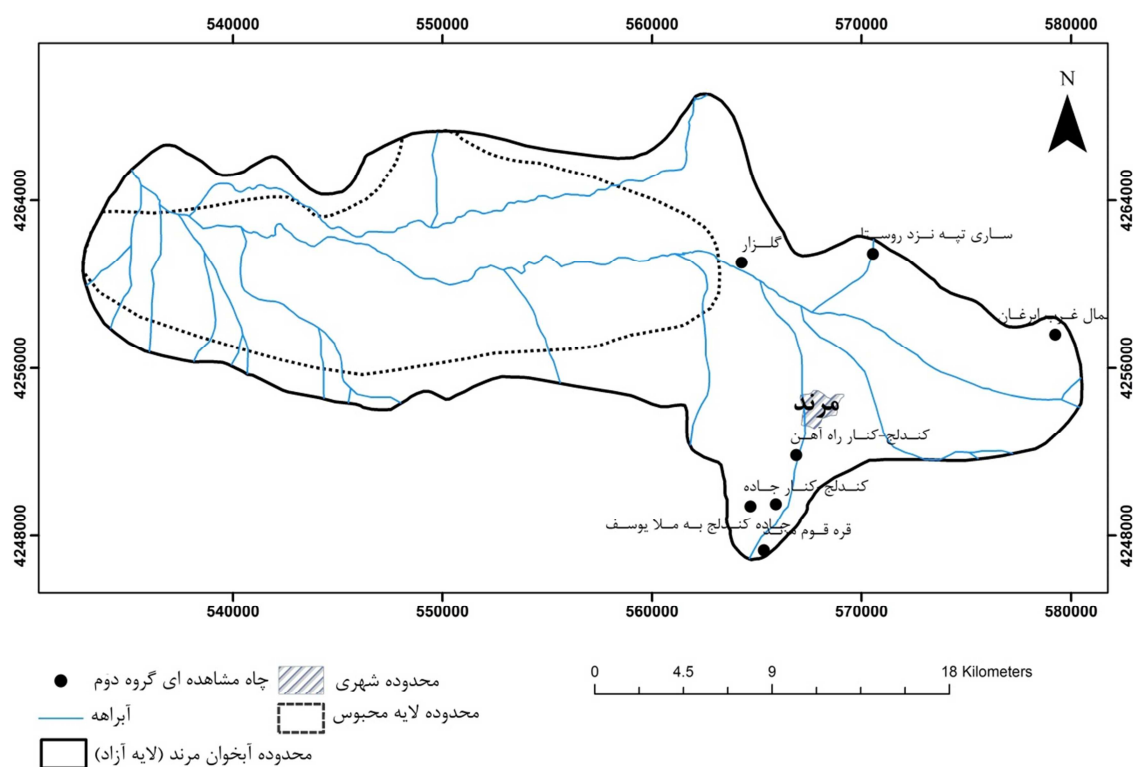


شکل ۴-۹ ادامه

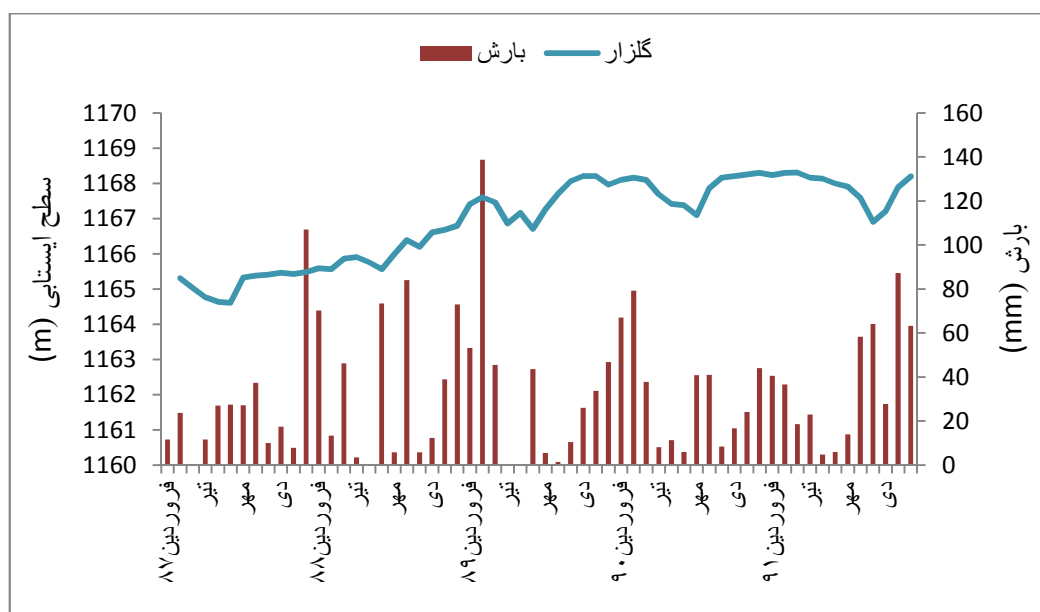
۳-۱-۳-۴ گروه دوم

این گروه شامل چاه‌های مشاهده‌ای قره قوم مرنده، شمال غرب ابرغان، گلزار، ساری تپه نزد روستا، جاده کندلج به ملایوسف، کندلج-کنار راه آهن، کندلج-کنار جاده می‌باشند، که همگی در مقاطع ورودی جریان به آبخوان قرار گرفته‌اند (شکل ۴-۱۰). در این محل‌ها چاه‌های بهره‌برداری از تمرکز کمتری برخوردارند. این گروه دارای روند افزایشی در سطح آب می‌باشند (شکل ۴-۱۱). در این گروه چاه مشاهده‌ای کندلج-کنار راه آهن با نرخ $2/54$ متر بر سال بیشترین افزایش و چاه مشاهده‌ای کندلج-کنار جاده با نرخ $0/13$ متر بر سال کمترین افزایش را دارا می‌باشد.

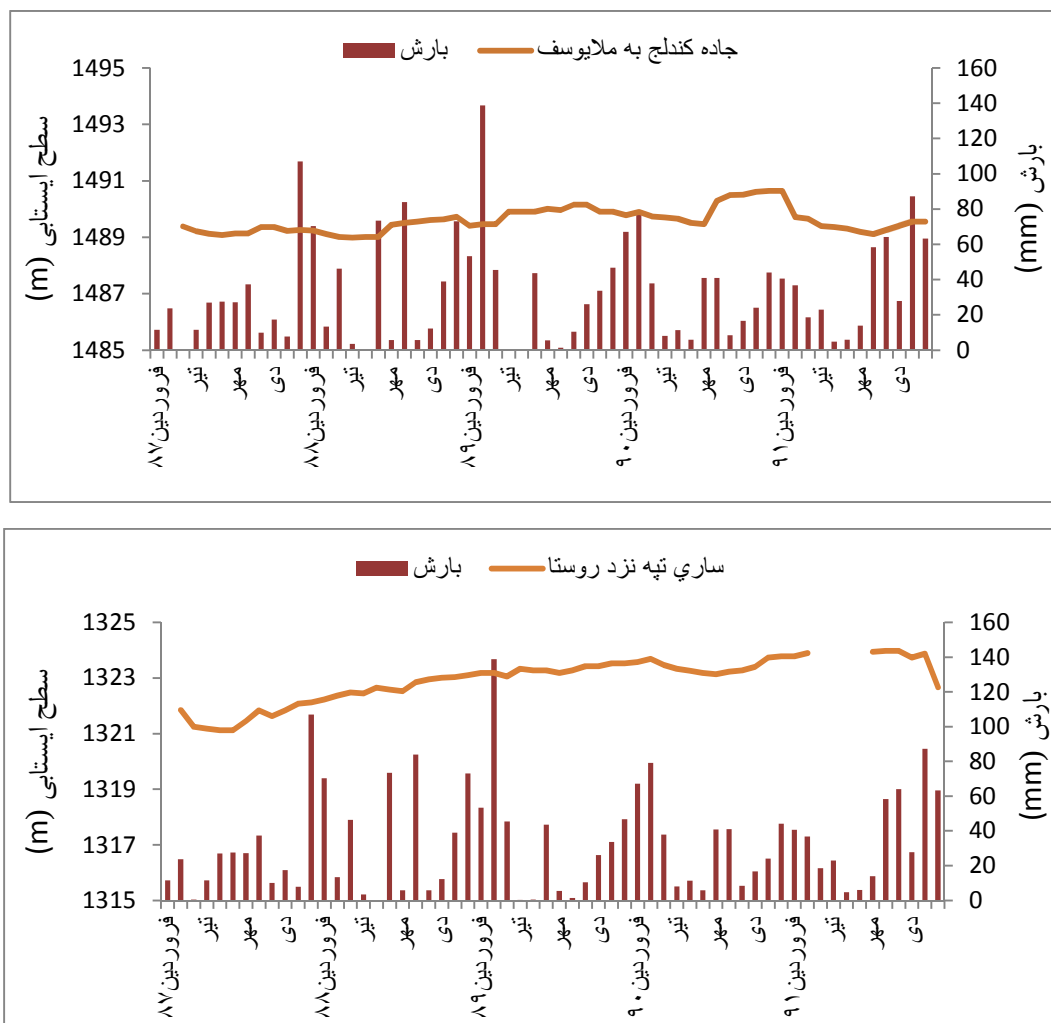
فصل چهارم: بررسی مکانیسم جریان در آبخوان مرنند



شکل ۴-۱۰) موقعیت چاه‌های مشاهده‌ای گروه دوم (لایه آبدار آزاد)



شکل ۴-۱۱) هیدروگراف چاه‌های مشاهده‌ای گروه دوم



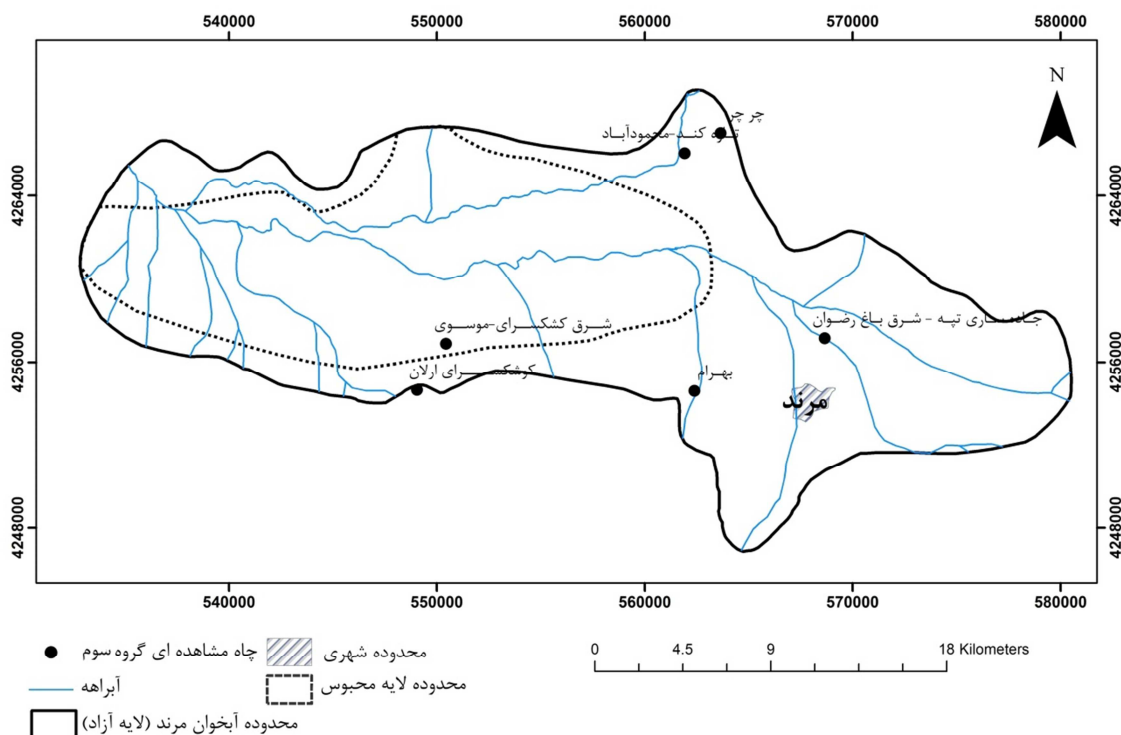
شکل ۴-۱۱) ادامه

۴-۱-۳-۴ گروه سوم

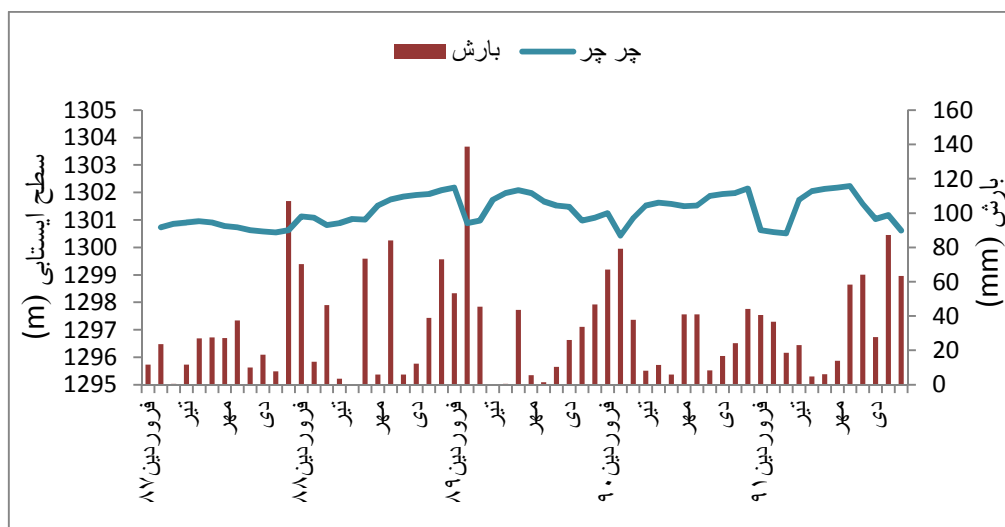
این گروه شامل چاه‌های مشاهده‌ای چرچر، تازه کند-محمودآباد، جاده ساری تپه - شرق باغ رضوان، بهرام، شرق کوشکسرای- موسوی، کوشکسرای ارلان بوده که در نقاط نزدیک به رودخانه و مناطق ورودی آبخوان قرار دارند (شکل ۴-۱۲). تغذیه از این مناطق باعث ثبات سطح آب این چاه‌های مشاهده‌ای شده است (شکل ۴-۱۳). ثبات سطح ایستابی در چاه مشاهده‌ای جاده ساری تپه-شرق باغ رضوان نیز به دلیل تغذیه ناشی از آب برگشتی کشاورزی می‌باشد. در این گروه چاه مشاهده‌ای چرچر

فصل چهارم: بررسی مکانیسم جریان در آبخوان مرند

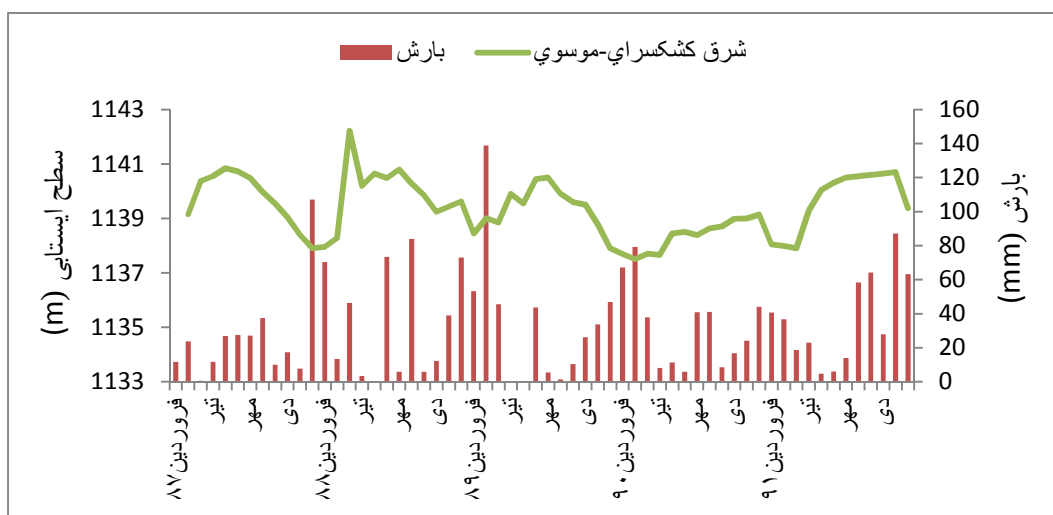
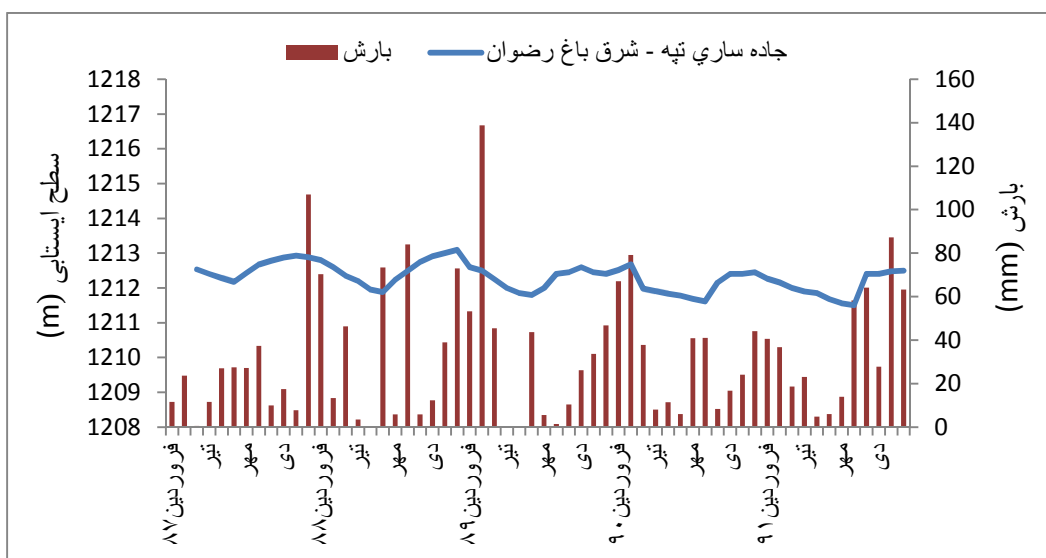
با نرخ افزایش ۰/۱۴ متر بر سال بیشترین افزایش و چاه مشاهده‌ای شرق کوشکسرای - موسوی با نرخ افت ۰/۱۳ - متر بر سال بیشترین افت را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱۲) موقعیت چاه‌های مشاهده‌ای گروه سوم (لایه آبدار آزاد)



شکل ۴-۱۳) هیدروگراف چاه‌های مشاهده‌ای گروه سوم



شکل ۴-۱۳ ادامه

فصل چهارم: بررسی مکانیسم جریان در آبخوان مرند

۴-۳-۲ بررسی پیزومترهای لایه آبدار محبوس

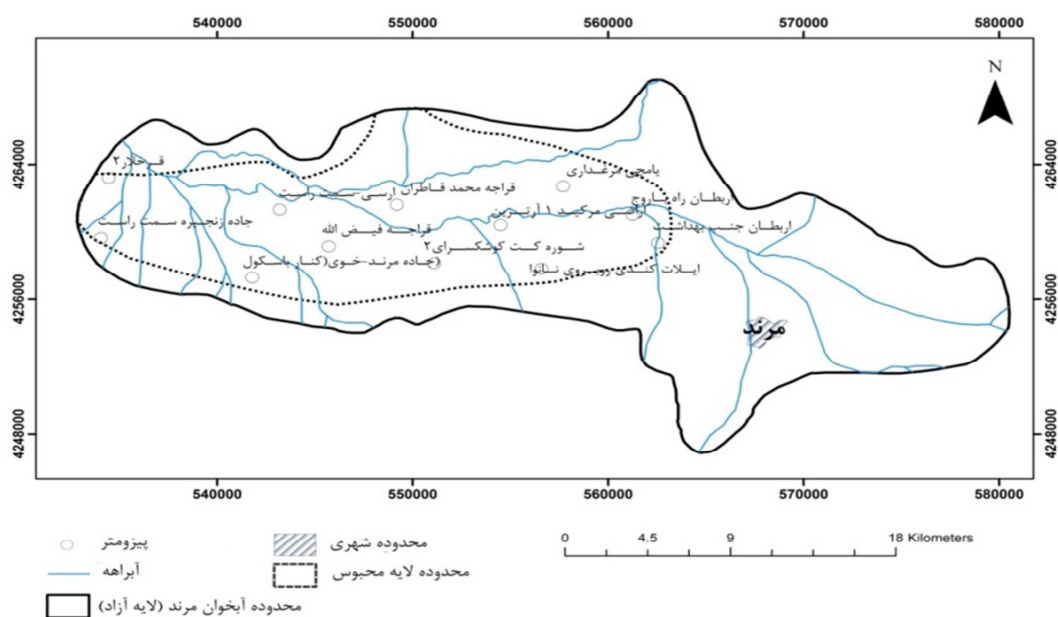
لایه آبدار محبوس آبخوان مرند در قسمت غربی آن گسترش دارد (شکل ۴-۱۴). در این لایه ۱۲ حلقه پیزومتر حفر شده که مشخصات آنها در جدول ۴-۴ ارائه شده است.

جدول ۴-۴) مشخصات پیزومترهای حفر شده در آبخوان مرند (لایه آبدار محبوس)

ردیف	محل چاه	مختصات چاه		عمق چاه (متر)	ارتفاع مطلق نقطه نشانه (متر)	افت (متر بر سال) (۱۳۸۷- ۱۳۹۱)	ارتفاع سطح ایستایی از سطح مبنا (متر) (مهر ۹۱)
		X	Y				
۱	اربطان- راه باروج	۵۶۱۲۵۰	۴۲۶۱۰۰۰	۱۰۰	۱۲۰۱/۵۰	خشک	-
۲	اربطان- جنب بهداشت	۵۶۲۵۵۱	۴۲۵۹۳۳۲	۱۳۵	۱۲۲۲/۵۰	-۰/۷۲	۱۱۴۱/۱
۳	ایلات کندی- روبروی نانوا	۵۵۷۱۶۷	۴۲۵۸۴۵۷	۱۱۷	۱۱۸۹/۴۲	-۱/۰۵	۱۱۶۰/۷۵
۴	اراضی مرکید(۱) آرتزین	۵۵۴۵۰۰	۴۲۶۰۴۰۰	۲۰۰	۱۱۴۱/۸۱	-۱/۴۱	۱۱۰۴/۸۳
۵	ارسی- سمت راست	۵۴۳۲۰۷	۴۲۶۱۲۹۶	۲۰۸	۱۰۶۴/۶۲	-۰/۶۵	۱۰۵۱/۵۲
۶	یامچی مرغداری	۵۵۷۷۰۰	۴۲۶۲۷۰۰	۱۰۰	۱۱۸۱/۵۸	-۱/۶۷	۱۱۱۳/۴۸
۷	قراجه محمد قاطران	۵۴۹۲۰۰	۴۲۶۱۶۰۰	۱۳۰	۱۰۹۲/۸۴	-۰/۳۷	۱۰۶۹/۰۴
۸	قراجه فیض اله	۵۴۵۷۱۱	۴۲۵۹۱۴۵	۸۷	۱۰۹۱/۳۰	-۰/۱۷	۱۰۸۱/۴
۹	قرخلار ۲	۵۳۴۴۶۰	۴۲۶۳۲۰۰	۲۱۰	۱۰۴۹/۱۱	-۰/۳۳	۱۰۳۷/۴
۱۰	شوره کت کوشکسرای(۲)	۵۵۱۱۰۶	۴۲۵۸۱۳۷	۱۸۰	۱۱۲۱/۷۰	-۰/۴۳	۱۰۸۶/۸۵
۱۱	جاده زنجیره- سمت راست	۵۳۴۰۵۷	۴۲۵۹۶۳۱	۱۰۴	۱۰۸۶/۵۶	-۱/۰۱	۱۰۳۷/۵۱
۱۲	جاده مرند- خوی(کنار باسکول)	۵۴۱۷۹۹	۴۲۵۷۲۷۱	۱۹۵	۱۰۸۵/۰۰	۰/۱۱	۱۰۷۹/۲۵

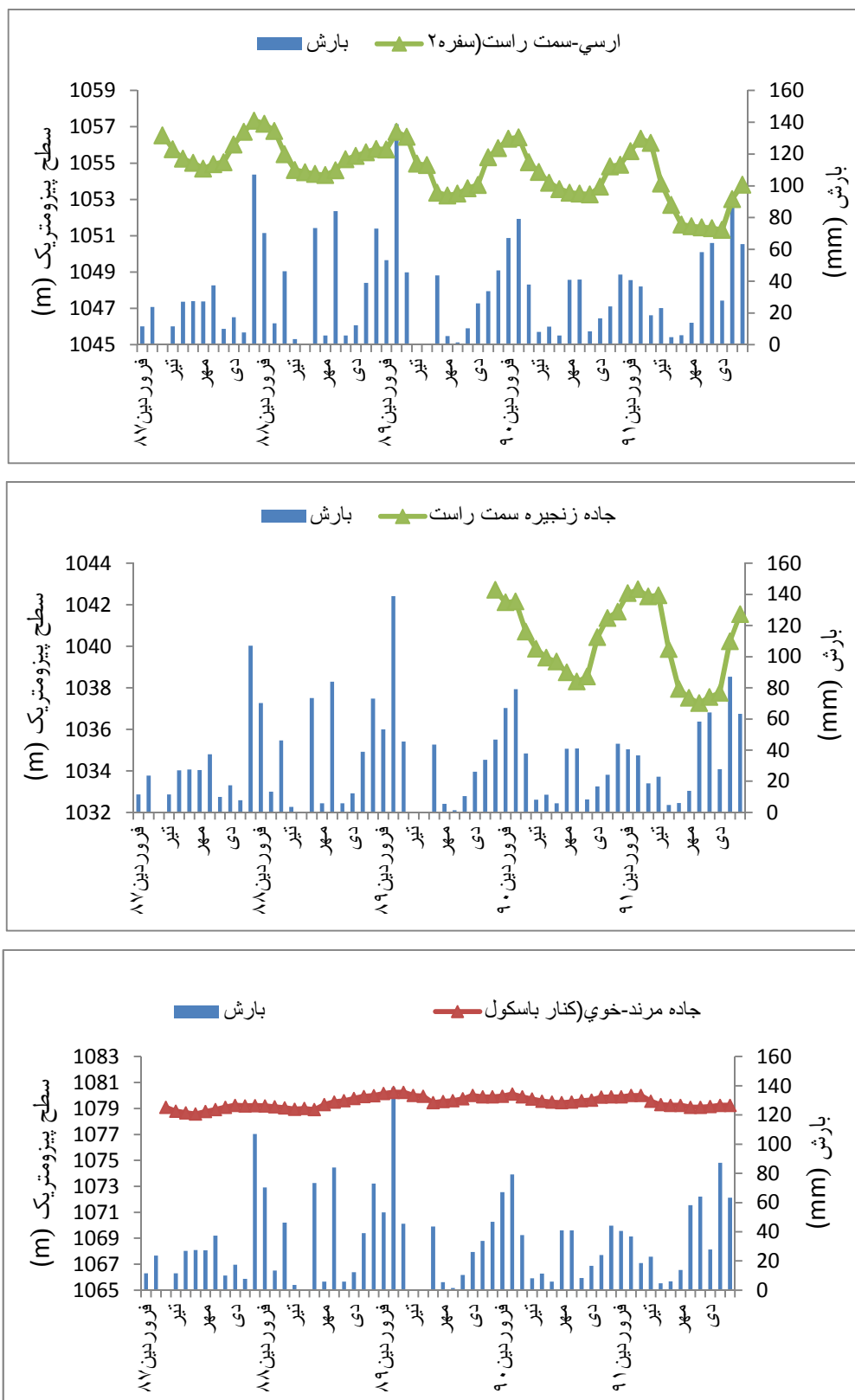
فصل چهارم: بررسی مکانیسم جریان در آبخوان مرنده

لایه آبدار محبوس شامل پیزومترهای ارتباطی - جنب بهداشت، ایلات کندی - روبروی نانوا، اراضی مرکید (۱) آرتزین، ارسی - سمت راست، یامچی مرغداری، قراجه محمد قاطران، قراجه فیض اله، قرخلار ۲، شوره کت کوشکسرای (۲)، جاده زنجیره - سمت راست و جاده مرنده - خوی (کنار باسکول) می باشد، که در تمام نقاط این لایه پراکنده شده اند. براساس هیدروگراف و نوسانات سطح پیزومتری آنها به جز پیزومتر جاده مرنده - خوی همگی دارای روند کاهشی می باشند (شکل ۴-۱۴). براساس هیدروگراف ترسیم شده این پیزومترها دارای تأخیر در پاسخ به بارش می باشند، که به علت وجود لایه محبوس کننده می باشد. چاه های بهره برداری موجود در محدوده لایه آبدار محبوس و مجاور پیزومترها دارای عمق زیاد بوده و به لایه آبدار محبوس نفوذ کرده اند. تخلیه از این چاه ها باعث افت سطح آب در این پیزومترها شده است. ثبات سطح آب در پیزومتر جاده مرنده - خوی به علت نبود چاه های بهره برداری در اطراف این پیزومتر می باشد. بیشترین نرخ افت مربوط به پیزومتر یامچی مرغداری با نرخ افت ۱/۶۷ - متر در سال و کمترین نرخ افت با نرخ افزایش ۰/۱۱ متر بر سال مربوط به پیزومتر جاده مرنده - خوی می باشد (شکل ۴-۱۵). متوسط افت در پیزومترهای لایه آبدار محبوس ۰/۷ - متر بر سال می باشد.



شکل ۴-۱۴) موقعیت پیزومترهای لایه آبدار محبوس

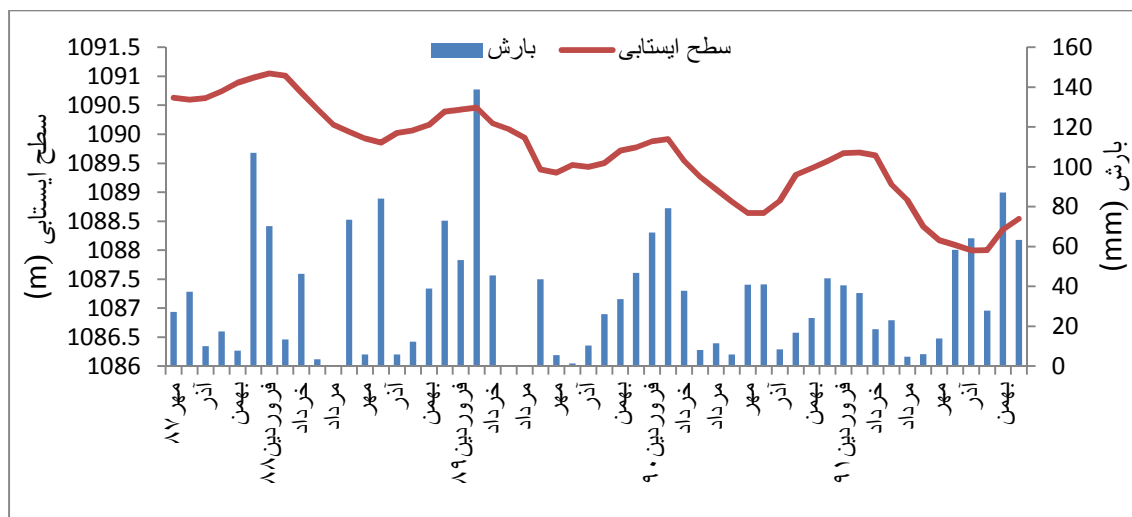
فصل چهارم: بررسی مکانیسم جریان در آبخوان مرند



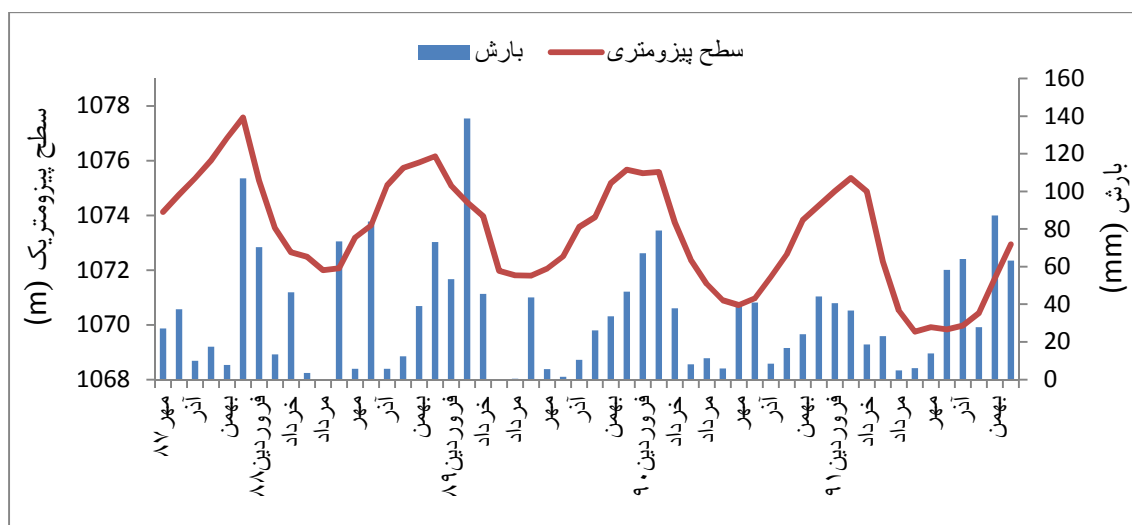
شکل ۴-۱۵) هیدروگراف پیزومترهای لایه آبدار محبوس

۳-۳-۴ هیدروگراف معرف آبخوان مردند

هیدروگراف معرف آبخوان مردند برای هر دو لایه آبدار آزاد و محبوس برای یک دوره ۵ ساله آماری (۱۳۸۷-۱۳۹۱) ترسیم گردید. هیدروگراف معرف ترسیم شده برای لایه آبدار آزاد نشان می‌دهد که سطح ایستابی روند نزولی داشته و نرخ افت حدود ۰/۶ متر بر سال می‌باشد (شکل ۴-۱۶). هیدروگراف معرف برای لایه آبدار محبوس نیز نشان می‌دهد که نرخ افت سطح پیزومتری لایه آبدار محبوس حدود ۰/۸ متر بر سال می‌باشد (شکل ۴-۱۷).



شکل ۴-۱۶ هیدروگراف معرف لایه آبدار آزاد (آبخوان مردند)



شکل ۴-۱۷ هیدروگراف معرف لایه آبدار محبوس (آبخوان مردند)

۴-۴ نقشه هم پتانسیل، جهت و شیب جریان آب زیرزمینی در آبخوان مرند

برای ترسیم نقشه هم پتانسیل و بررسی آن در آبخوان مرند از داده‌های سطح آب در مهر ماه سال ۱۳۹۱ در ۴۴ چاه مشاهده‌ای برای لایه آبدار آزاد و ۱۱ چاه پیزومتری برای لایه آبدار محبوس استفاده گردید.

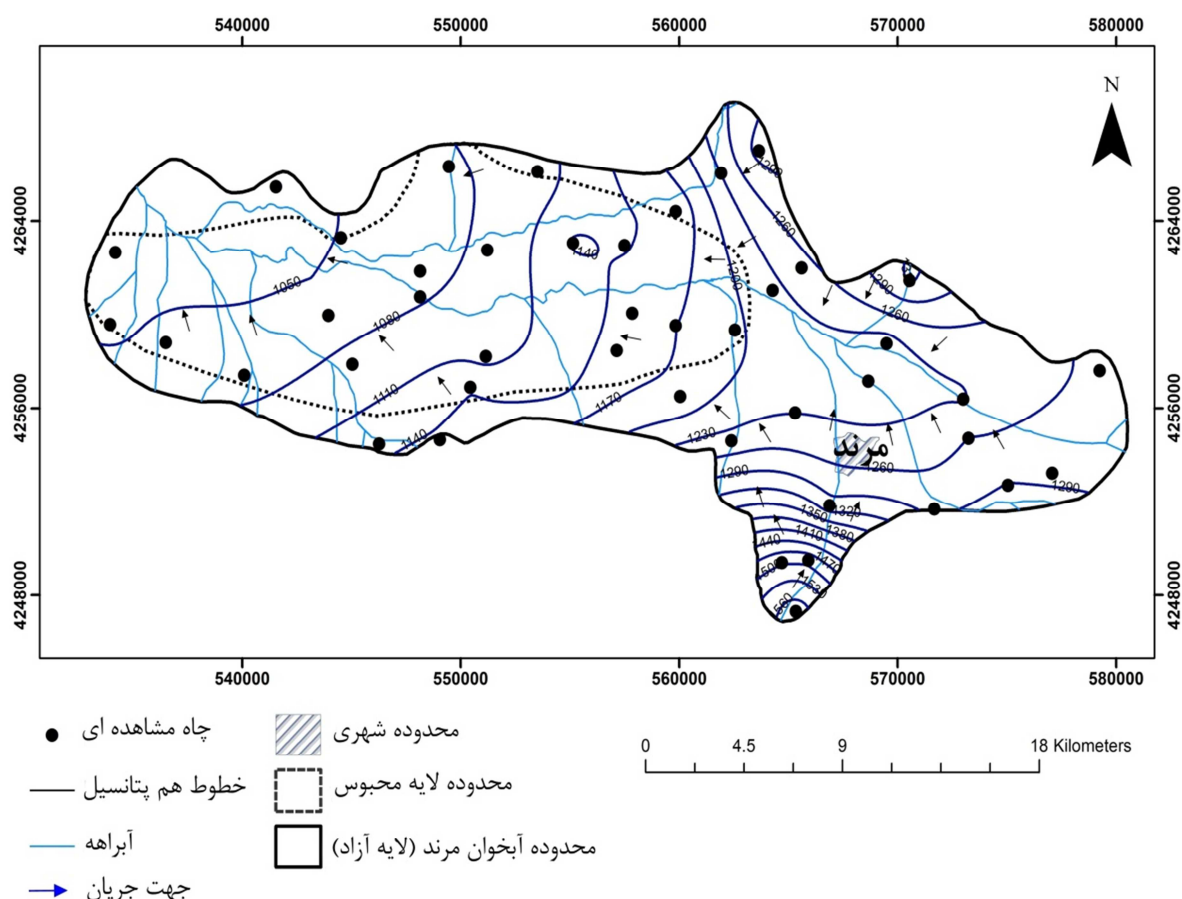
۴-۴-۱ لایه آبدار آزاد

نقشه هم پتانسیل ترسیم شده برای لایه آبدار آزاد (شکل ۴-۱۸) نشان می‌دهد که بیشترین ارتفاع سطح ایستابی در قسمت جنوب شرقی به میزان ۱۵۶۰ متر و کمترین ارتفاع سطح ایستابی به میزان ۱۰۵۰ متر در قسمت انتهای غربی دشت واقع شده است. براساس این نقشه جهت جریان آب زیرزمینی در لایه آبدار آزاد در قسمت شرقی از جنوب، جنوب شرق و شمال شرقی به سمت مرکز دشت بوده که در ادامه به سمت غرب امتداد می‌یابد. در انتهای آبخوان جریان به سمت شمال غرب تغییر مسیر داده و از محدوده آبخوان خارج می‌گردد. بنابراین جهت عمومی جریان در این لایه از شرق به غرب می‌باشد. در بخش میانی نیمه شرقی آبخوان، فروافتادگی ناشی از پمپاژ توسط چاه‌های بهره‌برداری سبب تغییر مسیر خطوط جریان به این بخش شده است. همچنین بالا آمدگی سطح آب در محل پیزومتر اراضی یامچی می‌تواند نشانگر تغذیه لایه آبدار آزاد به وسیله آب برگشتی کشاورزی در این محل باشد.

براساس نقشه هم پتانسیل مناطق عمده تغذیه کننده آبخوان مخروط افکنه‌های موجود در حواشی دشت و محل ورود رودخانه‌ها به دشت بوده، که در نیمه شرقی آبخوان واقع شده‌اند. تخلیه آبخوان در قسمت مرکزی و نیمه شرقی توسط چاه‌های پمپاژ صورت می‌گیرد.

با توجه به خطوط هم پتانسیل ترسیم شده شیب عمومی آب زیرزمینی به سمت محور رودخانه‌های زنوز و زلیبیر می‌باشد، که نشان دهنده تغذیه این رودخانه‌ها از آب زیرزمینی می‌باشد. خروجی از مرز آبخوان در انتهای غربی نیز از مناطق تخلیه آب زیرزمینی از دشت می‌باشد.

گرادین هیدرولیکی آب زیرزمینی در مقاطع ورودی بیشتر و به سمت مرکز و محل خروجی کمتر می‌شود. همچنین شیب آب زیرزمینی در آبخوان با توجه به موقعیت چاه‌های بهره‌برداری و تخلیه آب زیرزمینی توسط آنها تحت تأثیر قرار گرفته است. بدین معنی که چاه‌های بهره‌برداری باعث کاهش حجم جریان شده و باعث کاهش شیب جریان در طول مسیر جریان به محل خروجی جریان شده‌اند. بیشترین شیب هیدرولیکی در لایه آبدار آزاد ۰/۰۳۶ در محل ورودی آبخوان در قسمت جنوب شرقی آبخوان و کمترین شیب ۰/۰۰۲۹ در مرکز آبخوان در قسمت شرقی قرار دارد. کاهش گرادین هیدرولیکی در این ناحیه به علت تمرکز و بهره‌برداری از چاه‌های کشاورزی می‌باشد. گرادین هیدرولیکی در قسمت غرب و خروجی آبخوان ۰/۰۰۷ می‌باشد.

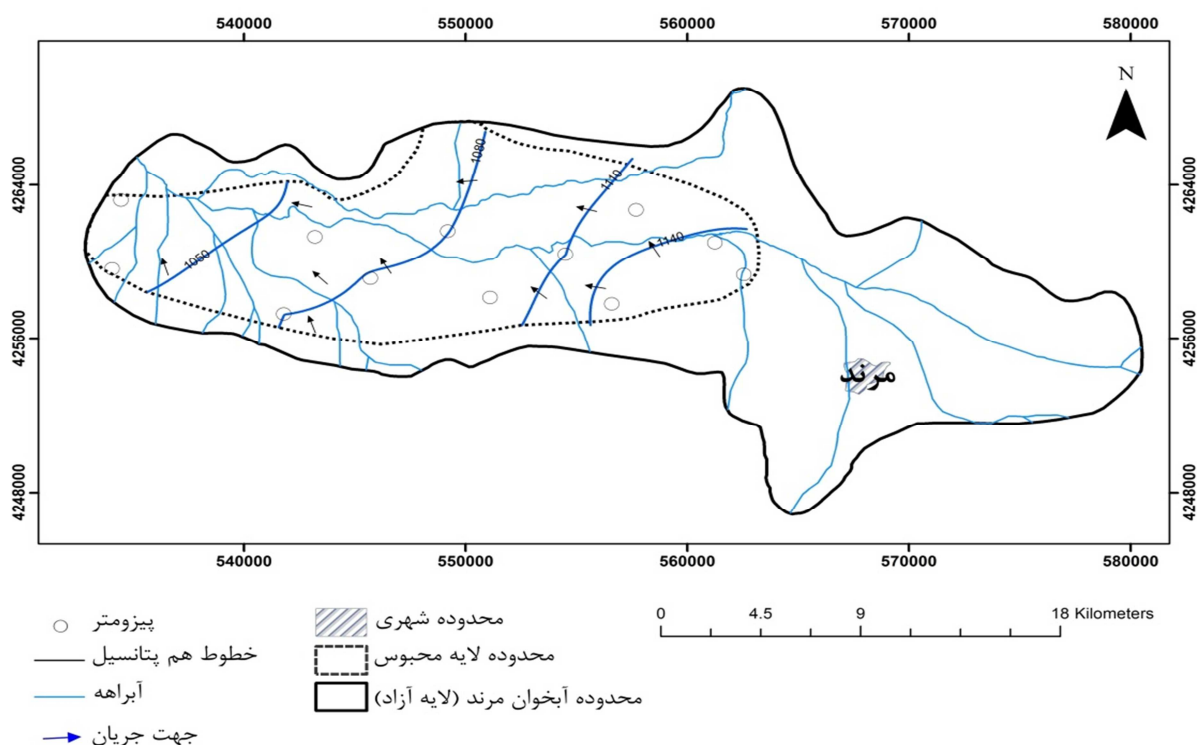


شکل ۴-۱۸) نقشه هم پتانسیل لایه آبدار آزاد

۴-۴-۲ لایه آبدار محبوس

نقشه هم پتانسیل ترسیم شده (شکل ۴-۱۹) با استفاده از داده‌های سطح پیزومتری در مهر ماه سال ۱۳۹۱ (جدول ۴-۴) نشان می‌دهد که بیشترین ارتفاع سطح پیزومتری در این لایه در قسمت ورودی به میزان ۱۱۴۰ متر و کمترین ارتفاع سطح پیزومتری به میزان ۱۰۵۰ متر در قسمت غربی و خروجی لایه قرار دارد. جهت جریان آب زیرزمینی در لایه آبدار محبوس از سمت جنوب شرق به سمت غرب بوده، که در انتها به سمت شمال غرب تغییر مسیر داده و از مرز آبخوان خارج می‌گردد. بنابراین در این لایه نیز هم همانند لایه آبدار آزاد مسیر عمومی جریان آب زیرزمینی از سمت شرق به سمت غرب می‌باشد.

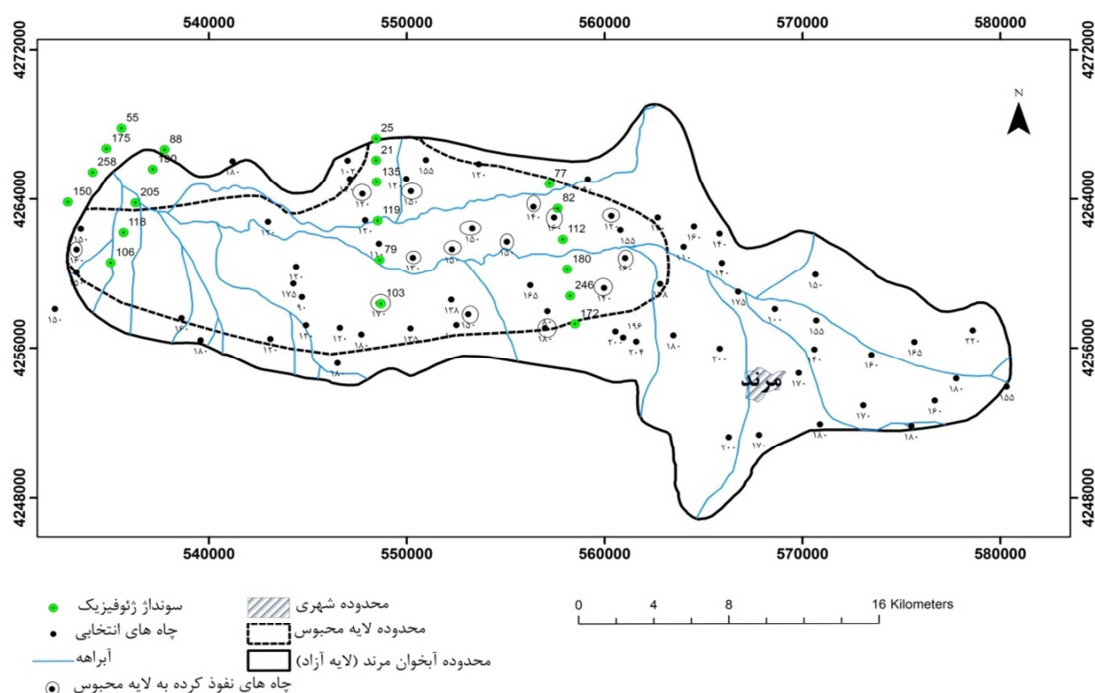
براساس نقشه هم پتانسیل لایه آبدار محبوس، این لایه از سمت جنوب شرق تغذیه و از سمت غرب تخلیه می‌شود. بیشترین شیب هیدرولیکی در ورودی این لایه به میزان ۰/۰۱۴ و کمترین آن به میزان ۰/۰۰۵ در قسمت غربی و خروجی آبخوان می‌باشد.



شکل ۴-۱۹ نقشه هم پتانسیل لایه آبدار محبوس

۵-۴ بررسی الگوی جریان در لایه آبدار محبوس براساس خصوصیات کیفی

به این منظور ابتدا بایستی چاههایی که به لایه آبدار محبوس نفوذ کرده‌اند از چاههای مربوط به لایه آبدار آزاد تفکیک گردند. برای تفکیک چاهها از مقاطع ژئوفیزیک آبخوان و میزان عمق چاههای انتخابی (شکل ۴-۲۰) استفاده گردید، چاههایی که به طور یقین به لایه آبدار محبوس نفوذ کرده‌اند، در جدول (۵-۴) مشخص می‌باشند.



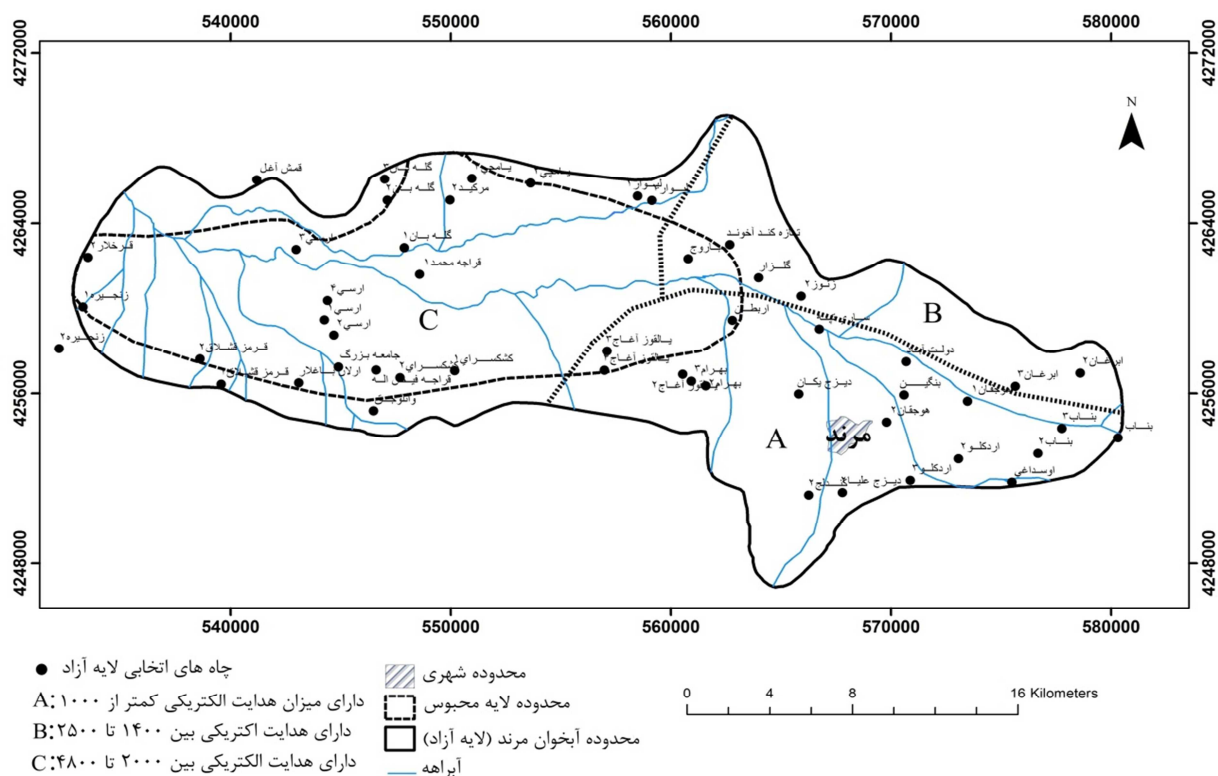
شکل ۴-۲۰ توزیع چاههای حفر شده در لایه آبدار محبوس به همراه عمق آنها (ارقام سونداژهای ژئوالکتریک نشان دهنده تراز کف لایه آبدار محبوس کننده می‌باشد).

جدول ۵-۴ چاههای حفر شده در لایه آبدار محبوس و مقادیر هدایت الکتریکی آنها

چاه انتخابی	عمق چاه	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	چاه انتخابی	عمق چاه	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
دیزج حسین بیگ	۱۵۰	۱۰۸۴	مرکید ۵	۱۵۰	۱۴۲۳
یالقوز آغاچ	۱۶۵	۸۹۴	گله بان-پناهی	۱۲۰	۱۰۹۷
فارفار	۱۴۰	۸۱۸	مرکید ۱	۱۵۰	۱۲۴۸
اربطان-باروج	۱۶۰	۹۸۸	مرکید ۴	۱۵۰	۱۶۵۹
یامچی ۴	۱۶۰	۸۴۲	قرخلار ۱	۱۶۰	۲۲۸۰
مرکید ۳	۱۵۰	۱۱۴۴	کشکسرای ۳	۱۷۰	۱۴۳۰
یامچی ۵	۱۴۰	۱۵۷۲	لیوار سفلی	۱۲۰	۲۸۹۰
قراجه محمد ۲	۱۳۰	۱۱۳۳			

۴-۵-۱ هدایت الکتریکی لایه آبدار آزاد

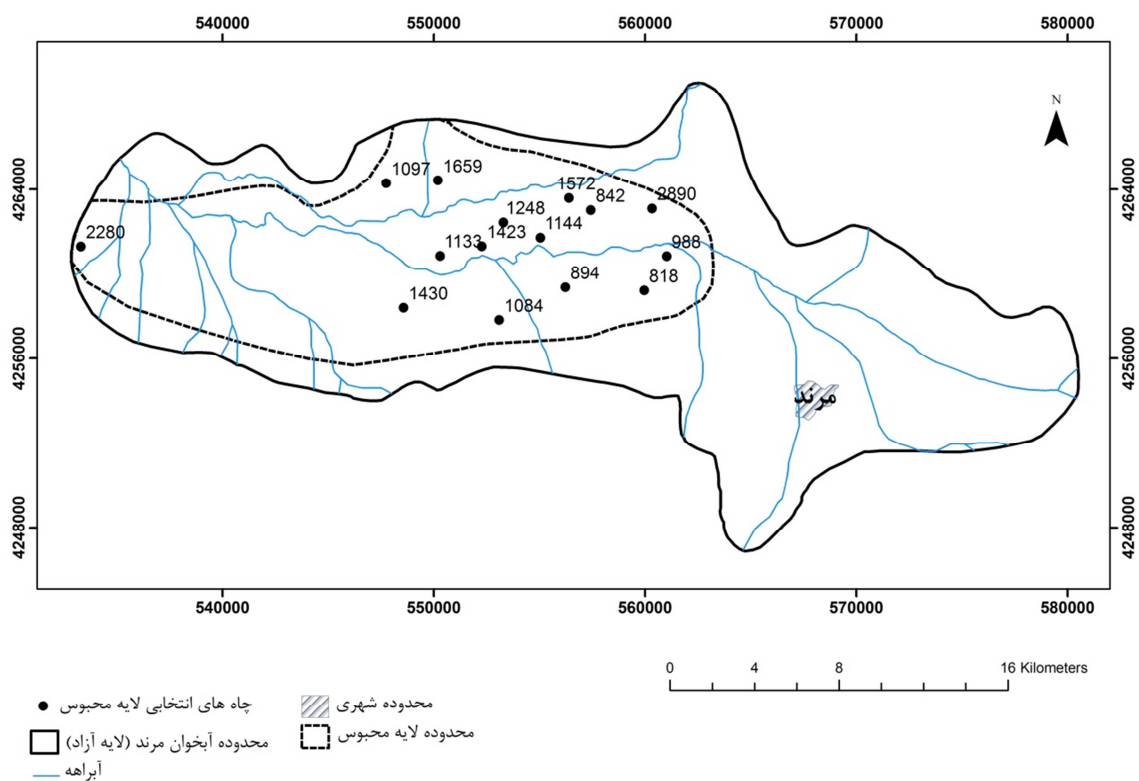
آب زیرزمینی در مسیر جریان با رسوبات تشکیل دهنده آبخوان واکنش داده، مواد آن را در خود حل می‌کند و میزان املاح در آن افزایش می‌یابد. به تبع آن میزان هدایت الکتریکی آب افزایش می‌یابد. برای ترسیم نقشه هدایت الکتریکی لایه آبدار آزاد از داده‌های تیر ۱۳۹۰ استفاده گردید (شکل ۴-۲۱). با توجه به هدایت الکتریکی می‌توان لایه آبدار آزاد را به سه ناحیه تقسیم کرد (شکل ۴-۲۳). براین اساس کمترین میزان هدایت الکتریکی به میزان ۳۳۵ میکروزیمنس مربوط به چاه اوسداغی در قسمت جنوب شرقی در ناحیه A و بیشترین مقدار آن مربوط به چاه لیوار ۲ به میزان ۴۷۸۰ میکروزیمنس در قسمت شمالی آبخوان و در ناحیه C می‌باشد. براساس نقشه ترسیم شده، میزان هدایت الکتریکی در نواحی A و B از نواحی شمالی و جنوبی به سمت محور رودخانه زیلبیر افزایش می‌یابد. در ناحیه C میزان آن در مسیر جریان همسو با خطوط هم پتانسیل ترسیم شده (شکل ۴-۱۸) در راستای جریان به سمت خروجی حوضه افزایش پیدا می‌کند.



شکل ۴-۲۱ نقشه منطقه‌بندی هدایت الکتریکی لایه آبدار آزاد (آبخوان مرنده)

۴-۵-۲ هدایت الکتریکی لایه آبدار محبوس

با توجه به مقادیر هدایت الکتریکی نشان داده شده در محل چاه‌ها (شکل ۴-۲۴) میزان هدایت الکتریکی در لایه آبدار محبوس از سمت جنوب شرقی لایه به سمت غرب لایه و خروجی آبخوان افزایش می‌یابد. میزان آن از ۸۱۸ میکروزیمنس در جنوب شرقی و مقطع ورودی لایه به ۲۲۸۰ میکروزیمنس در غرب لایه می‌رسد.



شکل ۴-۲۲ مقادیر هدایت الکتریکی در لایه آبدار محبوس (آبخوان مرنده)

۴-۵-۲ تیپ آب زیرزمینی آبخوان مردند

۴-۵-۲-۱ تیپ آب زیرزمینی لایه آبدار آزاد

برای تعیین تیپ آب زیرزمینی در آبخوان مردند از دیاگرام پایپر (شکل ۴-۲۳) استفاده شده و نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌های برداشت شده در تیر ماه ۱۳۹۰ بر روی آن ترسیم گردید. دیاگرام پایپر، مقایسه تعداد زیادی از نمونه‌های آنالیز شده را امکان پذیر می‌سازد. نمونه‌های مربوط به لایه آبدار آزاد دارای تیپ های بی‌کربناته، کلروره و حالت اختلاط بین کلروره و بی‌کربناته می‌باشند. براساس تیپ آب می‌توان لایه آبدار آزاد را به چهار ناحیه هم تیپ تقسیم بندی کرد. این نواحی که با حروف A، B، C و D نامگذاری شده‌اند، در زیر معرفی می‌گردند (شکل ۴-۲۴):

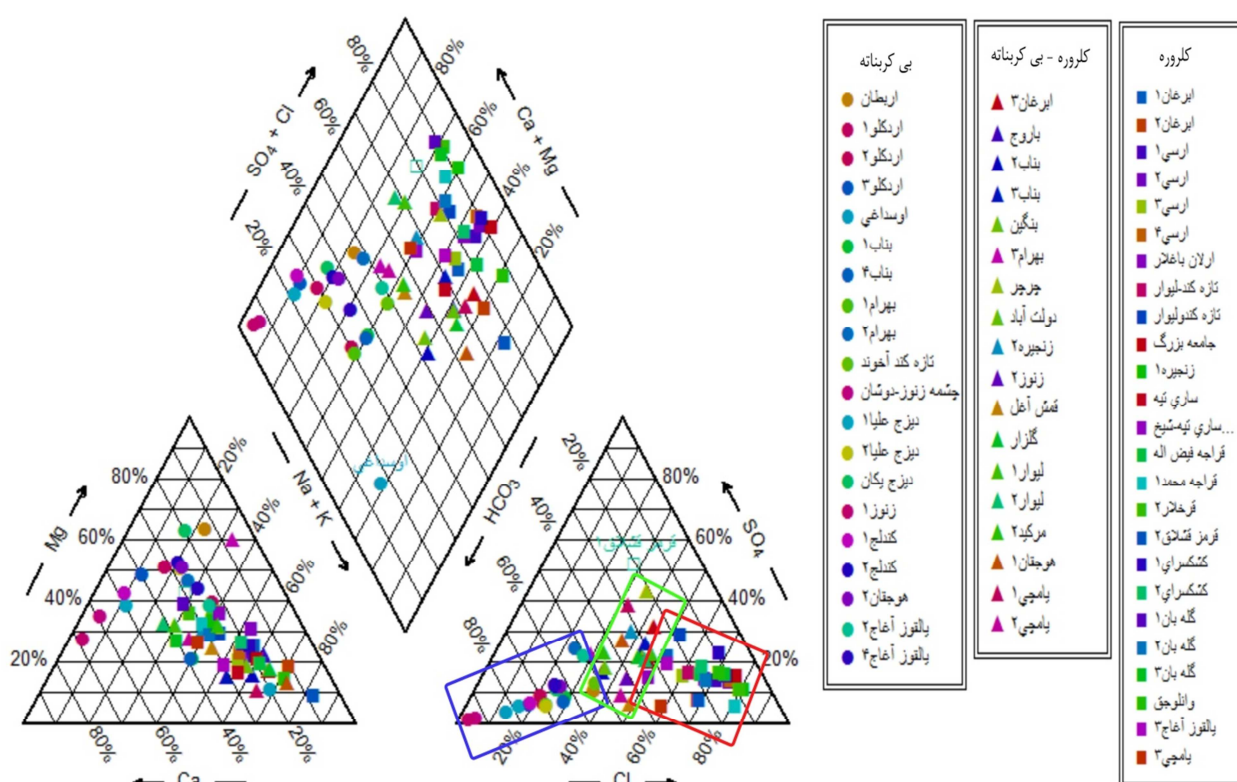
ناحیه A : این ناحیه در قسمت جنوب و جنوب شرق منطقه گسترش دارد و دارای تیپ آب بی‌کربناته می‌باشد. سازندها و واحدهای کربناته که عمدتاً دولومیتی و متعلق به پره کامبرین و پرمین می‌باشند (سازندهای سلطانیه و روته)، در قسمت جنوب و جنوب شرق حوضه گسترش دارند و باعث افزایش یون بی‌کربنات در آب زیرزمینی این ناحیه شده‌اند.

ناحیه B : این ناحیه دارای تیپ آب کلروره می‌باشد و در قسمت شمال و شمال شرق منطقه گسترش دارد. واحدهای گچی و تبخیری گسترش زیادی در نواحی شمالی داشته و باعث تخریب کیفیت و افزایش میزان املاح آب زیرزمینی شده‌اند.

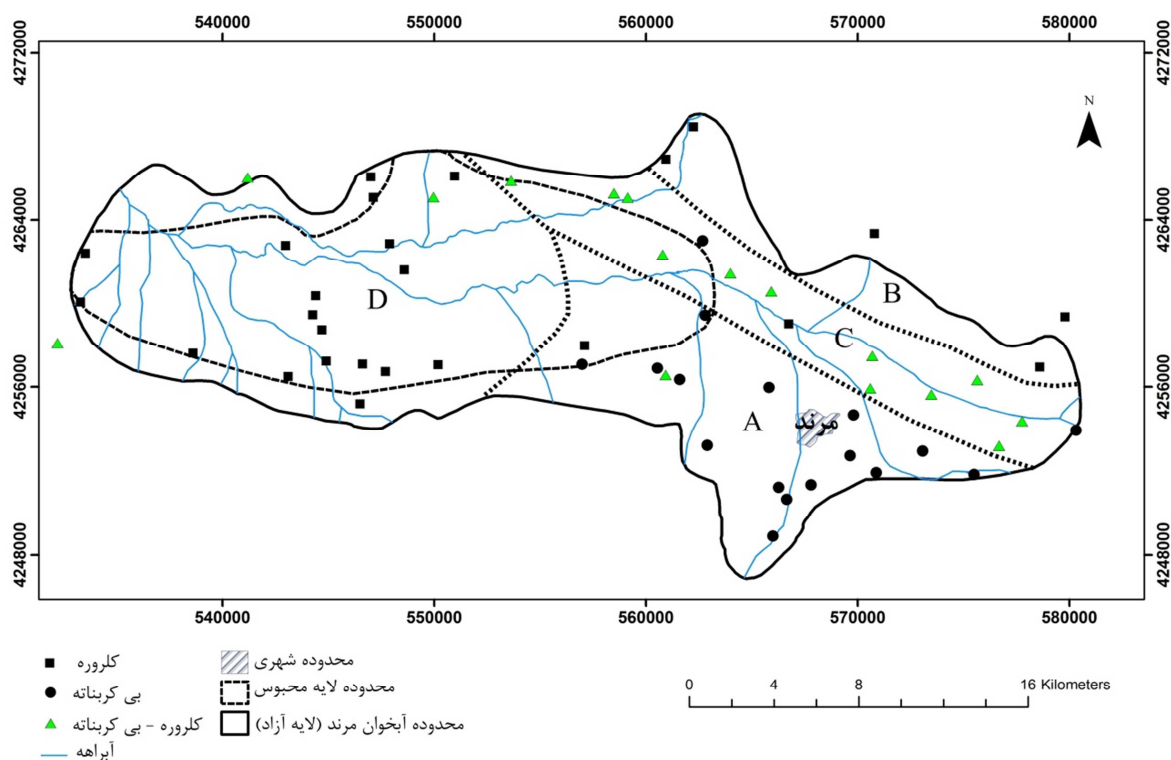
ناحیه C : این ناحیه ما بین نواحی A و B قرار دارد. تیپ آب در این قسمت بی‌کربناته - کلروره می‌باشد. براساس هم پتانسیل لایه آبدار آزاد (شکل ۴-۱۶) جریان آب زیرزمینی از نواحی شمالی و جنوبی به این سمت بوده و به احتمال زیاد در این ناحیه اختلاط آب زیرزمینی صورت می‌گیرد. قرار گیری نمونه‌های مربوط به این ناحیه در دیاگرام پایپر ما بین نواحی A و B نیز پدیده اختلاط را اثبات می‌نماید.

فصل چهارم: بررسی مکانیسم جریان در آبخوان مرنده

ناحیه D : این ناحیه در ادامه مسیر جریان و در قسمت غرب منطقه گسترش دارد. این قسمت دارای تیپ آب کلروره می‌باشد. در قسمت‌های غربی آبخوان آبرفت ریز دانه بوده و سطح تماس بیشتری با آب دارد و املاح بیشتری در خود حل می‌کند. همچنین در این بخش مقداری نمک در ترکیب آبرفت وجود دارد که سبب افزایش املاح آب زیرزمینی و تغییر تیپ آن به کلروره می‌گردد.



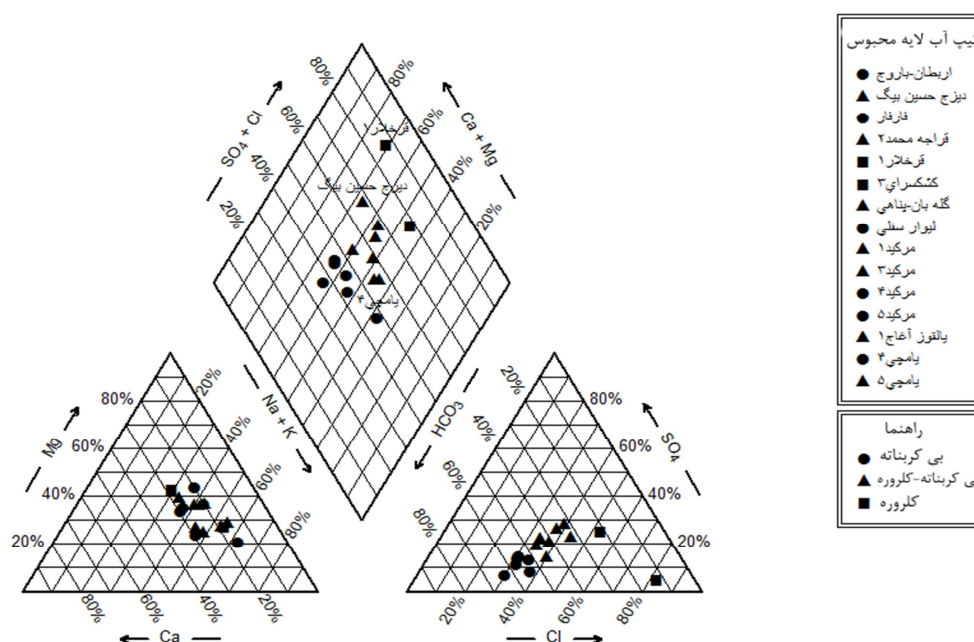
شکل ۴-۲۳) نمودار پایپر چاه‌های حفر شده در لایه آبدار آزاد آبخوان مرنده



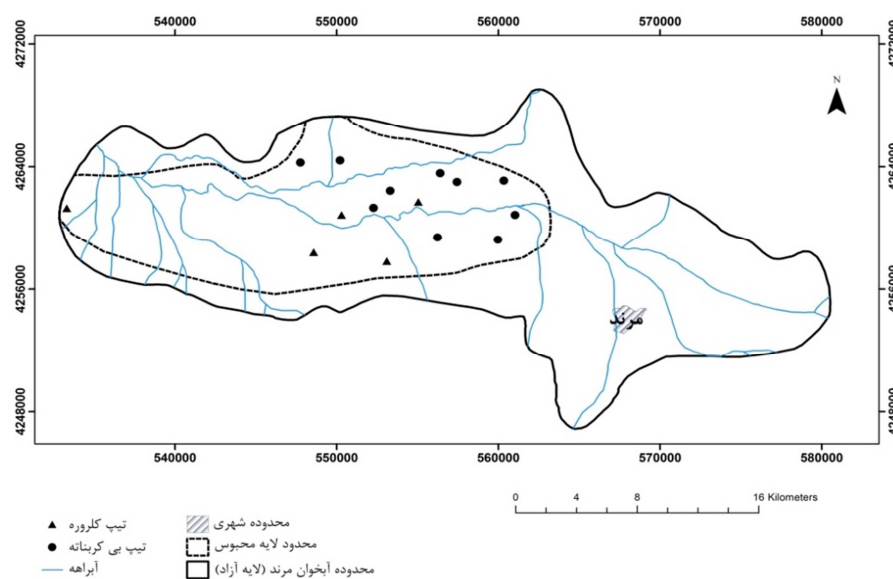
شکل ۴-۲۴) نقشه هم تپ آب زیرزمینی لایه آبدار آزاد آبخوان مرند

۴-۲-۵-۲ تپ آب زیرزمینی در لایه آبدار محبوس

تپ آب در لایه آبدار محبوس بر اساس نمودار پایپر (شکل ۴-۲۵) عمدتاً بی کریناته می باشد. شکل ۴-۲۶ تپ آب در محل های نمونه برداری از لایه آبدار محبوس را نشان می دهد. با توجه به مشابهت آب در چاه های حفر شده در لایه آبدار محبوس با تپ آب در بخش جنوب شرقی آبخوان به نظر می رسد منبع اصلی تغذیه لایه آبدار محبوس از این بخش باشد.



شکل ۴-۲۵) نمودار پایپر چاه‌های حفر شده در لایه آبدار محبوس

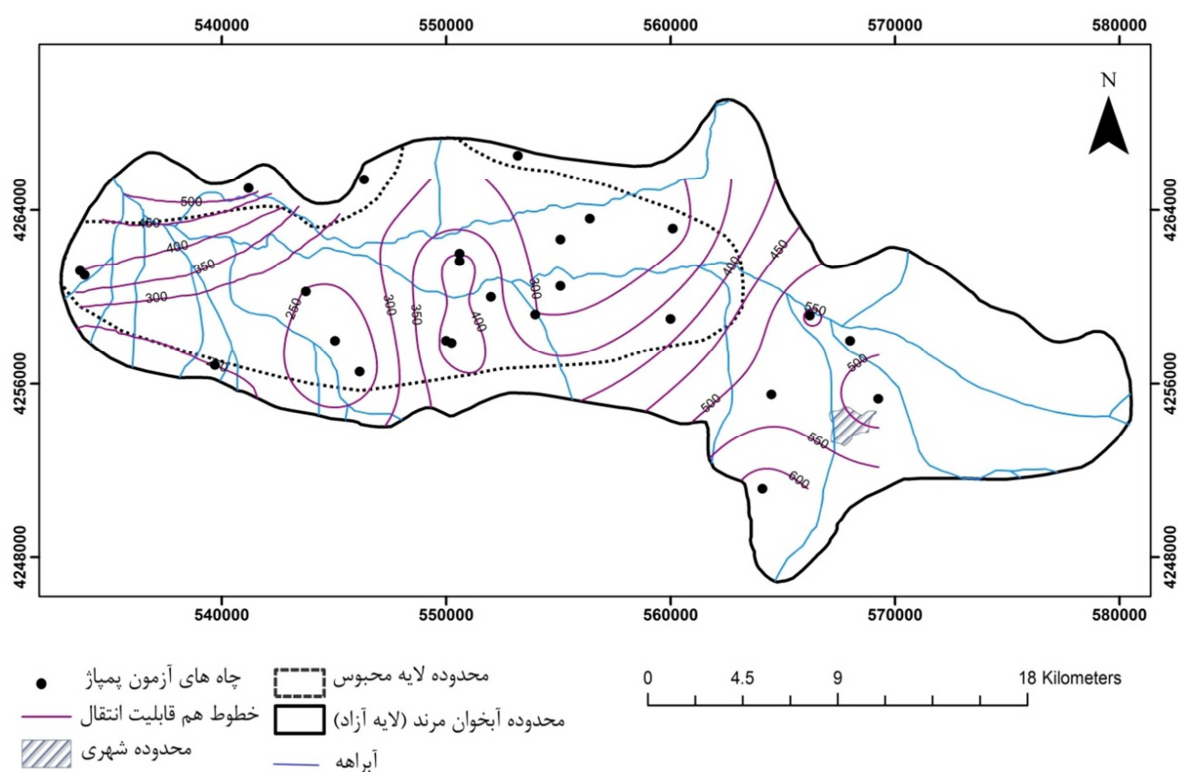


شکل ۴-۲۶) تیب آب در چاه‌های حفر شده در لایه آبدار محبوس

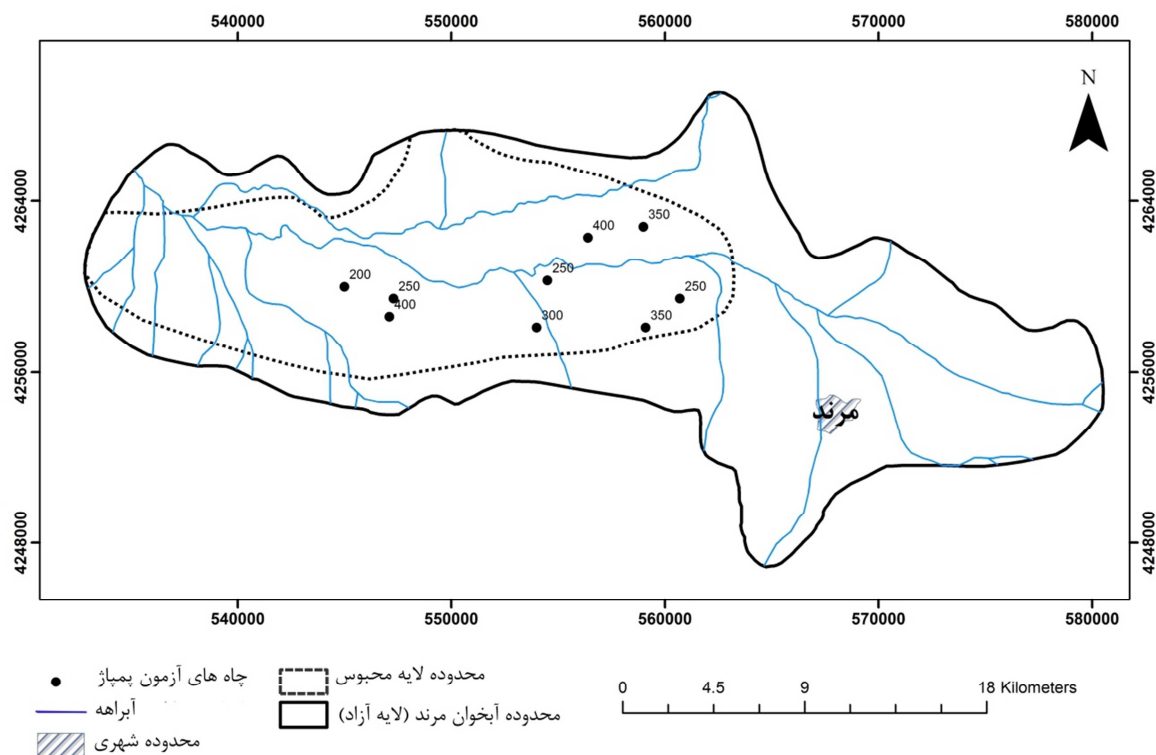
براساس نقشه تیب آب در هر دو لایه آبدار آزاد و محبوس می‌توان گفت که لایه آبدار محبوس با توجه به تشابه تیب آب آن با قسمت جنوب شرق لایه آبدار آزاد از این محل تغذیه می‌شود. همچنین بر اساس نقشه تغییرات هدایت الکتریکی، هدایت الکتریکی در چاه‌های حفر شده در لایه آبدار محبوس کمتر از چاه‌های مجاور آن در لایه آبدار آزاد بوده، که این موضوع نیز تأیید کننده تغذیه لایه آبدار محبوس از بخش جنوب شرق آبخوان می‌باشد.

۴-۶ تعیین ضریب قابلیت انتقال آبخوان

در دشت مرنده میزان قابلیت انتقال لایه‌های آبدار با استفاده از آزمون‌های پمپاژ در تعداد زیادی از چاه‌های بهره‌برداری اندازه‌گیری شده است. روش مورد استفاده در تفسیر نتایج آزمون‌های پمپاژ روش ژاکوب بوده است. با توجه به این‌که این چاه‌ها در هر دو لایه آبدار نفوذ کرده‌اند، آزمون پمپاژ انجام گرفته شده در آنها نشانگر خواص هیدرودینامیکی هر دو لایه می‌باشند. برای بدست آوردن خواص هیدرودینامیکی هر یک از لایه‌ها به‌طور مجزا تعدادی از چاه‌ها با توجه به عمق آنها به لایه آبدار محبوس و تعدادی به لایه آبدار آزاد نسبت داده شدند و خطوط هم قابلیت انتقال برای هر یک از لایه‌ها ترسیم گردید. شکل ۴-۲۷ نقشه تغییرات قابلیت انتقال در لایه آبدار آزاد و شکل ۴-۲۸ توزیع قابلیت انتقال در بخش‌های مختلف لایه آبدار محبوس را نشان می‌دهند. با توجه به این اشکال قابلیت انتقال در لایه آبدار آزاد از ۱۰۰ تا ۶۰۰ متر مربع بر روز و در لایه آبدار محبوس از ۲۰۰ تا ۴۰۰ متر مربع بر روز در تغییر می‌باشد.



شکل ۴-۲۷ نقشه هم قابلیت انتقال لایه آبدار آزاد آبخوان مرنده



شکل ۴-۲۸) مقادیر قابلیت انتقال در بخش های مختلف لایه آبدار محبوس

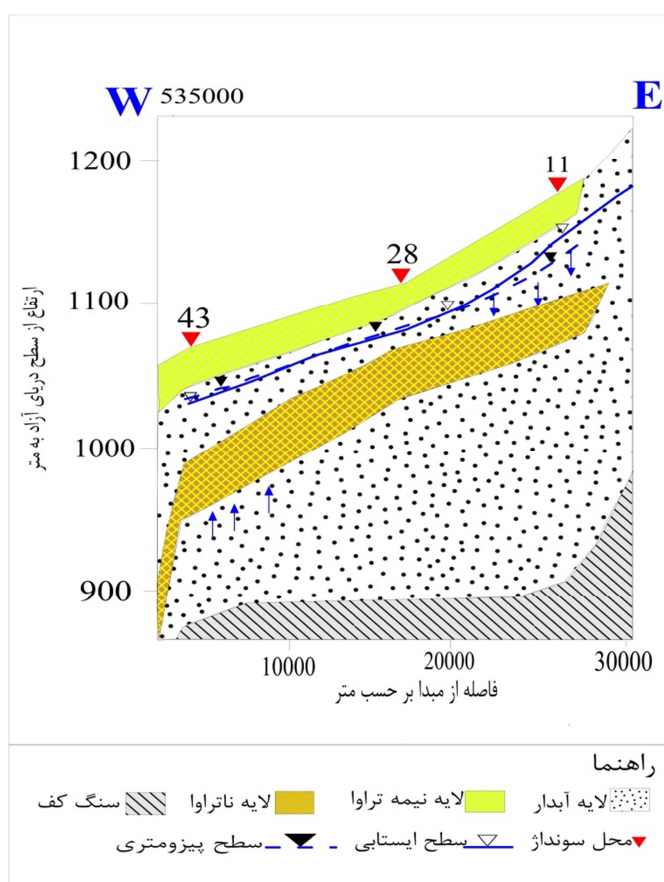
۴-۷ بررسی ارتباط لایه های آبدار با یکدیگر و تعیین مکانیسم جریان

خطوط هم پتانسیل ترسیم شده در هر یک از لایه ها و انطباق آنها با یکدیگر می تواند به بررسی ارتباط لایه ها با یکدیگر کمک نماید (شکل ۴-۲۹). طبق اصول تئوری جریان همیشه از محل انرژی بیشتر به سمت محل با انرژی کمتر می باشد.

با توجه به نقشه ترسیم شده خطوط هم پتانسیل مربوط به مهر ماه سال ۱۳۹۱ در هر دو لایه آبدار آبدار آزاد و محبوس (شکل ۴-۳۰) مشاهده می شود که در ناحیه شمال شرقی بخش لایه آبدار محبوس آبخوان، خطوط هم پتانسیل لایه آبدار آزاد دارای تراز انرژی از ۵ تا ۵۵ متر بیشتر از خطوط هم پتانسیل لایه آبدار محبوس می باشند (شکل ۴-۳۱). همچنین در قسمت جنوب غربی نیز لایه آبدار آزاد دارای تراز انرژی از ۵ تا ۱۰ متر بیشتر از تراز لایه آبدار محبوس می باشد. در نواحی دیگر

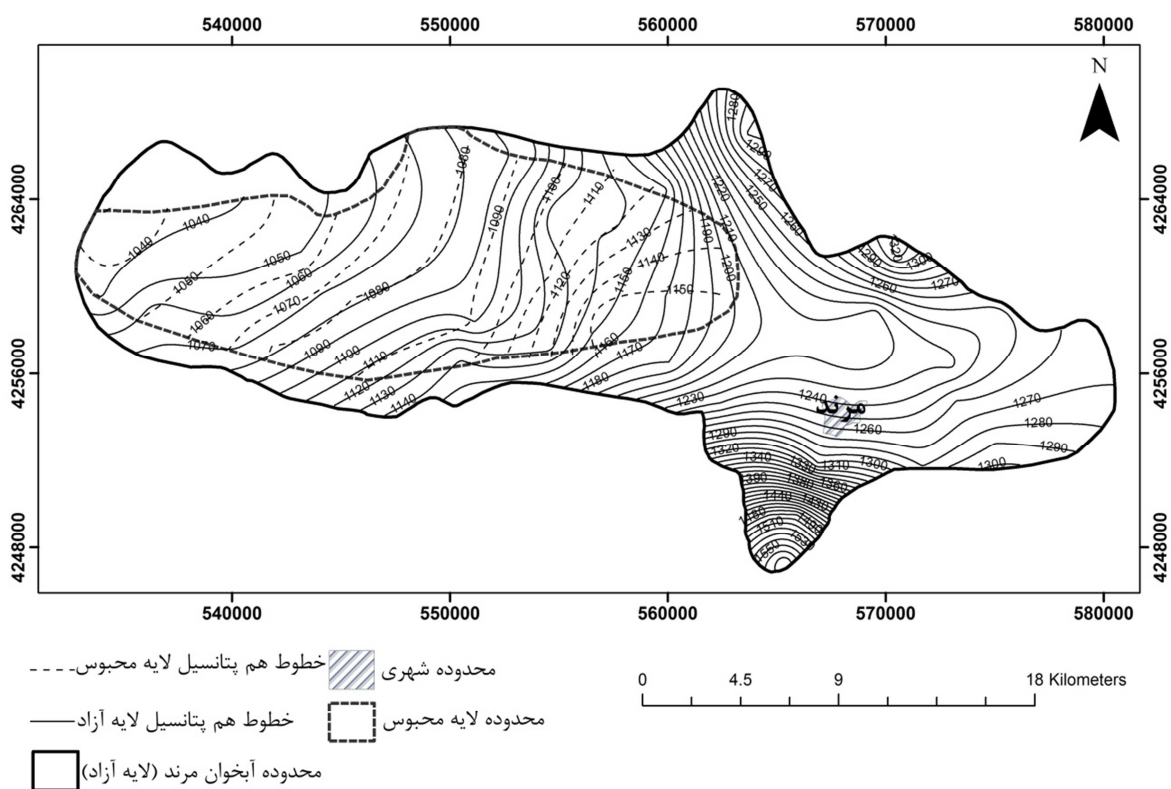
فصل چهارم: بررسی مکانیسم جریان در آبخوان مرند

خطوط هم پتانسیل در هر دو لایه دارای تراز انرژی برابری با هم می‌باشند. این نقاط به صورت خط هم تراز صفر در نقشه نشان داده شده است. اختلاف موجود بین سطح ایستابی و سطح پیزومتری را می‌توان اینگونه توجیه نمود که در لایه آبدار آزاد سطح ایستابی نشان دهنده سطح آب زیرزمینی بوده در حالیکه سطح پیزومتری نشان دهنده سطح هم فشار آب در لایه آبدار محبوس می‌باشد. با توجه به اینکه ضریب ذخیره سفره‌های آبدار آزاد بسیار بیشتر از سفره‌های آبدار محبوس می‌باشد، با برداشت آب توسط چاه‌های بهره‌برداری سطح پیزومتری بیشتر از سطح ایستابی افت نموده و به همین دلیل سطح پیزومتری پایین تر از سطح ایستابی قرار گرفته است. در قسمت شمال غربی آبخوان، تراز انرژی لایه آبدار محبوس به میزان ۵ متر بیشتر از تراز انرژی لایه آبدار آزاد می‌باشد (شکل ۴-۳۱)، که به صورت عدد منفی نشان داده شده است. تجمع کمتر چاه‌های بهره‌برداری و برداشت کمتر از لایه آبدار محبوس دلیل این اختلاف می‌باشد.

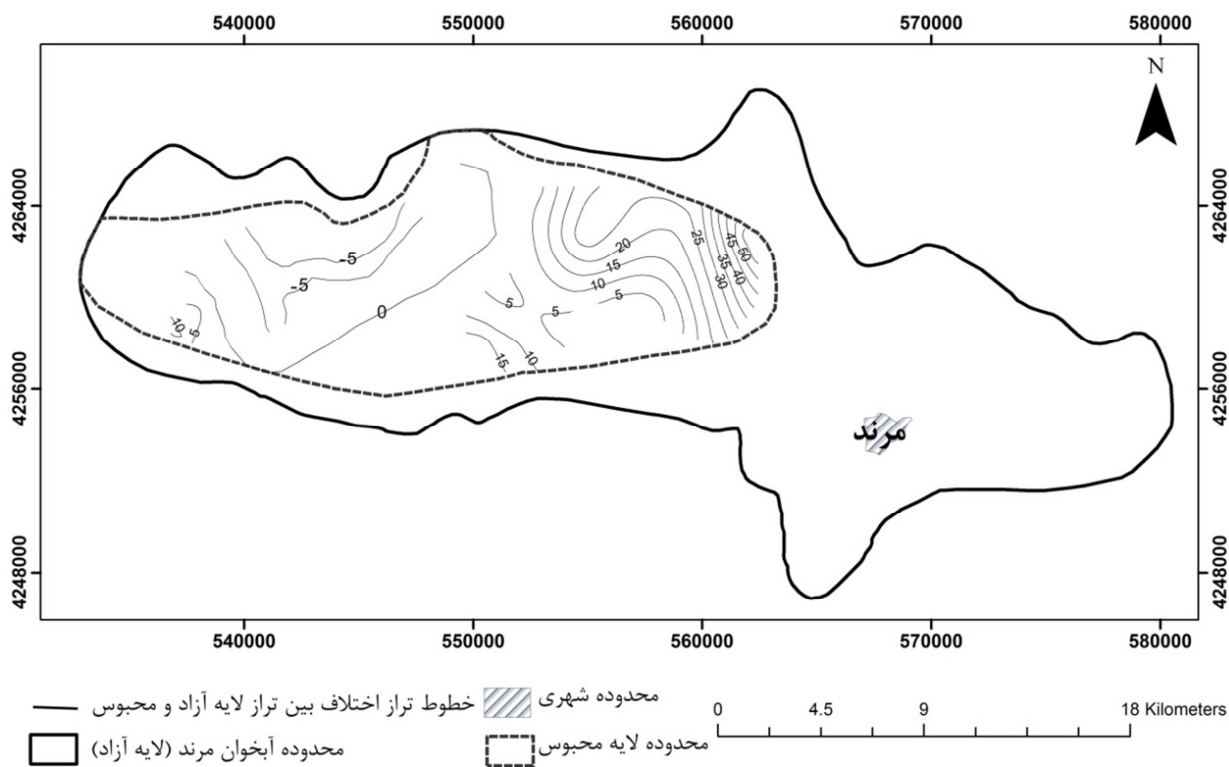


شکل ۴-۲۹) ارتفاع سطح ایستابی و سطح پیزومتری در روی مقطع طولی آبخوان

فصل چهارم: بررسی مکانیسم جریان در آبخوان مرنده



شکل ۴-۳۰ نقشه خطوط هم پتانسیل لایه‌های آبدار آزاد و محبوس



شکل ۴-۳۱ اختلاف پتانسیل تراز انرژی بین لایه آبدار آزاد و محبوس

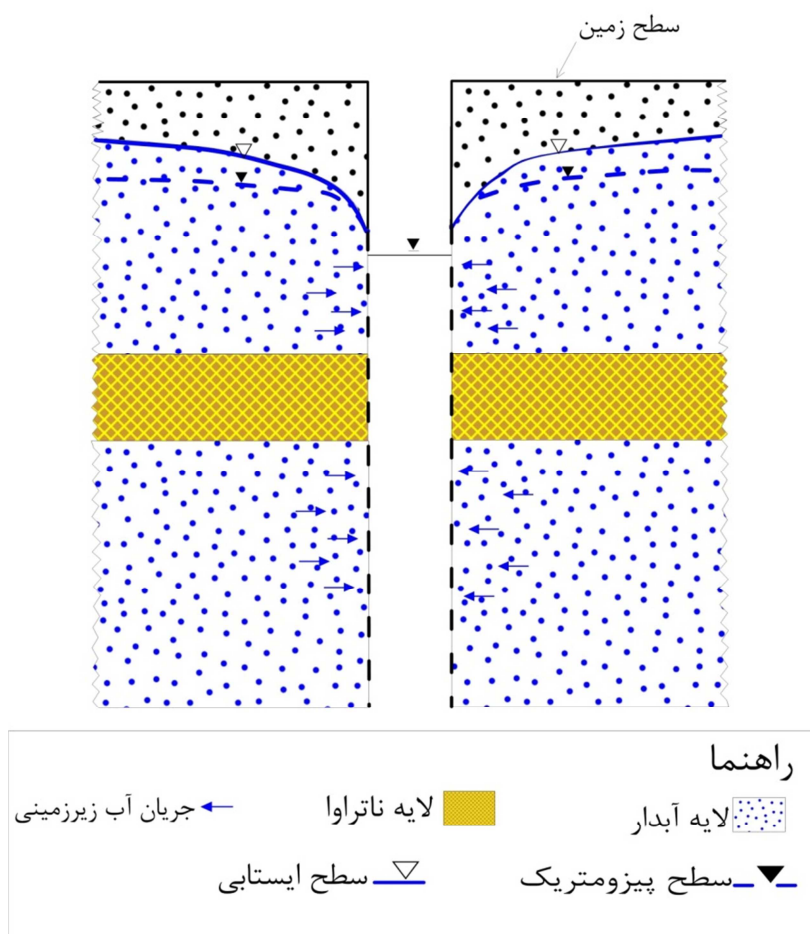
به لحاظ تئوریک با توجه به اینکه تراز انرژی در لایه‌های آبدار آزاد و محبوس متفاوت می‌باشد، بنابراین پتانسیل جریان بین این دو لایه وجود داشته، لیکن به دلایل زیر رخداد این پدیده در منطقه مورد مطالعه بعید به نظر می‌رسد:

۱- براساس لاگ‌های حفاری و نتایج ژئوفیزیک لایه جدا کننده لایه‌های آبدار آزاد و محبوس یک لایه رسی با ضخامت زیاد (حدود ۷۰ متر) بوده، که با توجه به هدایت هیدرولیکی اندک آن (حدود ۰/۰۰۱ متر بر روز (Todd, 2005)) و ضخامت زیاد امکان تبادل بین این دو لایه به حداقل می‌رسد.

۲- وجود اختلاف بین سطح پیزومتری و سطح ایستابی در تمام طول سال نیز مؤید عدم ارتباط بین دو لایه می‌باشند. در صورتیکه این لایه به صورت نفوذپذیر عمل نماید بایستی این دو سطح به هم نزدیک شده و نهایتاً تراز انرژی هر دو لایه یکی گردد. با توجه به اینکه در فصل زمستان که اکثر چاه‌های بهره‌برداری خاموش می‌باشند و برداشت از آبخوان کمتر می‌باشد، هنوز اختلاف بین سطح پیزومتری و سطح ایستابی وجود دارد. به نظر می‌رسد لایه جدا کننده، ماهیت ناتراوا داشته و مانع هر گونه تبادل می‌گردد.

۳- یکی از نظرات رایج در محدوده مورد مطالعه امکان تبادل بین دو لایه از طریق چاه‌های بهره‌برداری بوده که به تعداد زیاد (شکل ۴-۴) در آبخوان حفاری شده و به طور همزمان از هر دو لایه آبدار آزاد و محبوس برداشت می‌نمایند. مطابق طرح شماتیک ارائه شده در شکل ۴-۳۲ برداشت از چاه‌های حفر شده در هر دو لایه آبدار آزاد و محبوس سبب می‌گردد جریان به سمت محل قرارگیری پمپ از هر دو لایه صورت می‌گیرد. به عبارت دیگر بخشی از آب تخلیه شده توسط چاه از لایه آبدار آزاد و بخشی از لایه آبدار محبوس تأمین می‌گردد. بدیهی است این پدیده با موضوع تبادل که بیانگر حرکت و جابه‌جایی آب بین دو سفره است، متفاوت می‌-

باشد. در حقیقت در این چاه‌ها برداشت از دو لایه صورت گرفته و عملاً استفاده از مفهوم تبادل جایگاهی ندارد. ذکر این نکته ضروری است که با توجه به تعداد چاه‌های بهره‌برداری در آبخوان مرنده که بعضاً لایه ناتراوا را قطع نموده و در هر دو لایه حفر شده‌اند امکان حرکت آب بین دو لایه (تبادل) در مواقعی از سال که چاه‌ها خاموش می‌باشند موجود خواهد داشت. لیکن به دلیل اینکه دوره‌های خاموشی چاه‌ها کوتاه مدت می‌باشد زمان کافی برای تبادل کامل و یکی شدن سطح پیزومتری و سطح ایستابی وجود ندارد. بدیهی است در این مواقع با توجه به تراز انرژی بین دو لایه امکان جابه‌جایی (تبادل) آب بین آنها از لایه با تراز انرژی بیشتر به سمت لایه با تراز انرژی کمتر وجود دارد.



شکل ۴-۳۲) طرح شماتیکی از چاه‌های بهره‌برداری در آبخوان مرنده

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۵-۱ نتایج

تحقیق حاضر به بررسی مکانیسم جریان در آبخوان چند لایه‌ای مرنده می‌پردازد. نتایج تحقیق حاضر به شرح زیر می‌باشد:

۱- ترسیم مقاطع ژئوفیزیک جدید نشان داد که آبخوان مرنده دارای چند لایه می‌باشد. در نیمه شرقی آبخوان یک آبخوان از نوع آبدار آزاد تشکیل شده است. از بخش میانی آبخوان تا انتهای غربی آن یک لایه ناتراوا گسترش دارد، که باعث تشکیل لایه آبدار محبوس در این نواحی شده است.

۲- ترسیم سطح ایستابی لایه آبدار آزاد بر روی مقطع طولی آبخوان نشان داد که لایه آبدار نیمه‌محبوس ذکر شده در منابع مطالعاتی قبلی در نیمه غربی به دلیل افت سطح آب زیرزمینی از بین رفته و تبدیل به آبخوان آبدار آزاد شده است. بنابراین آبخوان مرنده متشکل از دو لایه آبدار آزاد و محبوس می‌باشد.

۳- بررسی نوسانات هیدروگراف چاه‌های مشاهده‌ای (گمانه‌های پایش حفر شده در لایه آبدار آزاد) نشان داد، که چاه‌های مشاهده‌ای دارای روندهای کاهشی، ثابت و افزایشی بوده‌اند. این بررسی نشان داد که اکثر چاه‌های مشاهده‌ای دارای روند کاهشی می‌باشند. متوسط نرخ افت در چاه‌های مشاهده‌ای ۰/۴۹- متر بر سال می‌باشد.

۴- براساس نوسانات هیدروگراف در پیزومترهای لایه آبدار محبوس، این پیزومترها دارای تأخیر چند ماهه در پاسخ نسبت به بارش می‌باشند. به طور کلی این پیزومترها دارای روند کاهشی می‌باشند. متوسط نرخ افت در این پیزومترها ۰/۷- متر بر سال می‌باشد.

۵- نقشه هم پتانسیل مربوط به لایه آبدار آزاد نشان می‌دهد که جهت عمومی جریان از جوانب جنوبی، شرقی و شمالی به سمت غرب و خروجی آبخوان می‌باشد. همچنین براساس نقشه مربوطه جریان آب زیرزمینی رودخانه‌های دشت را تغذیه می‌کند. نقشه هم پتانسیل آب زیرزمینی مربوط به لایه آبدار محبوس نیز نشان می‌دهد که جهت جریان از سمت جنوب شرق به سمت غرب می‌باشد.

۶- گرادیان هیدرولیکی آب زیرزمینی در هر دو لایه آبدار آزاد و محبوس در مقاطع ورودی بیشتر و به سمت خروجی آبخوان کاهش و کمترین میزان آن در محل تخلیه و خروجی آبخوان می‌باشد.

۷- میزان هدایت الکتریکی لایه آبدار آزاد در بخش جنوب شرقی آبخوان دارای مقادیر کمتر از ۱۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر بوده که به سمت محور رودخانه افزایش می‌یابد. در ادامه مسیر جریان به سمت خروجی آبخوان در انتهای غربی میزان هدایت الکتریکی افزایش می‌یابد.

۸- تیپ آب زیرزمینی لایه آبدار آزاد در قسمت جنوب شرق آبخوان بی‌کربناته می‌باشد، تیپ آب در قسمت شمال غرب کلروره و در ادامه مسیر به سمت خروجی آبخوان و در نیمه غربی لایه آبدار آزاد تیپ آب کلروره می‌باشد. تیپ آب در لایه آبدار محبوس از نوع تیپ بی‌کربناته می‌باشد.

۹- بررسی نتایج کیفی آبخوان نشان داد که تیپ آب در لایه آبدار محبوس از نوع بی‌کربناته با تیپ آب در لایه آبدار آزاد در ناحیه جنوب شرقی مشابهت داشته است. بنابراین می‌توان بیان کرد که لایه آبدار محبوس از قسمت جنوب شرقی لایه آبدار آزاد تغذیه می‌شود.

۱۰- از بررسی نتایج آزمون‌های پمپاژ انجام شده در آبخوان مقادیر قابلیت انتقال برای لایه‌های مختلف بدست آمد. میزان قابلیت انتقال لایه‌ها در نقاط مختلف متفاوت و از ۲۵۰ تا ۶۰۰ متر مربع بر روز در لایه آبدار آزاد و از ۲۵۰ تا ۴۵۰ متر مربع بر روز در لایه آبدار محبوس متغیر می‌باشد.

۱۱- ترسیم سطح ایستابی لایه آبدار آزاد و سطح پیزومتری در لایه آبدار محبوس در مقطع طولی آبخوان نشان داد، که سطح آب در لایه آبدار آزاد در قسمت شرق لایه ناتراوا بالاتر از سطح آب در لایه آبدار محبوس می‌باشد. در این ناحیه جریان عمودی می‌تواند از لایه آبدار آزاد به سمت لایه آبدار محبوس باشد، اما با توجه به ضخامت زیاد لایه ناتراوا امکان جریان عمودی آب زیرزمینی از لایه ناتراوا میسر نمی‌باشد. در ناحیه غربی سطح آب در لایه آبدار محبوس بالاتر از سطح آب در لایه آبدار آزاد می‌باشد.

۱۲- باتوجه به برداشت همزمان چاه‌های بهره‌برداری از لایه‌های آبدار آزاد و محبوس در بیشتر مواقع سال احتمال تبادل آب زیرزمینی بین این دو لایه از طریق چاه‌ها وجود نداشته و فقط در مواقعی از سال که چاه‌ها خاموش می‌باشند این پدیده محتمل خواهد بود.

۵-۲ پیشنهادها

برای مطالعه بهتر و پایداری منابع آب در آبخوان مرند موارد زیر پیشنهاد می‌گردد:

۱- انجام بررسی‌های ژئوفیزیکی دقیق در منطقه برای تعیین دقیق حدود لایه‌ها و ضخامت لایه‌های آبخوان مرند.

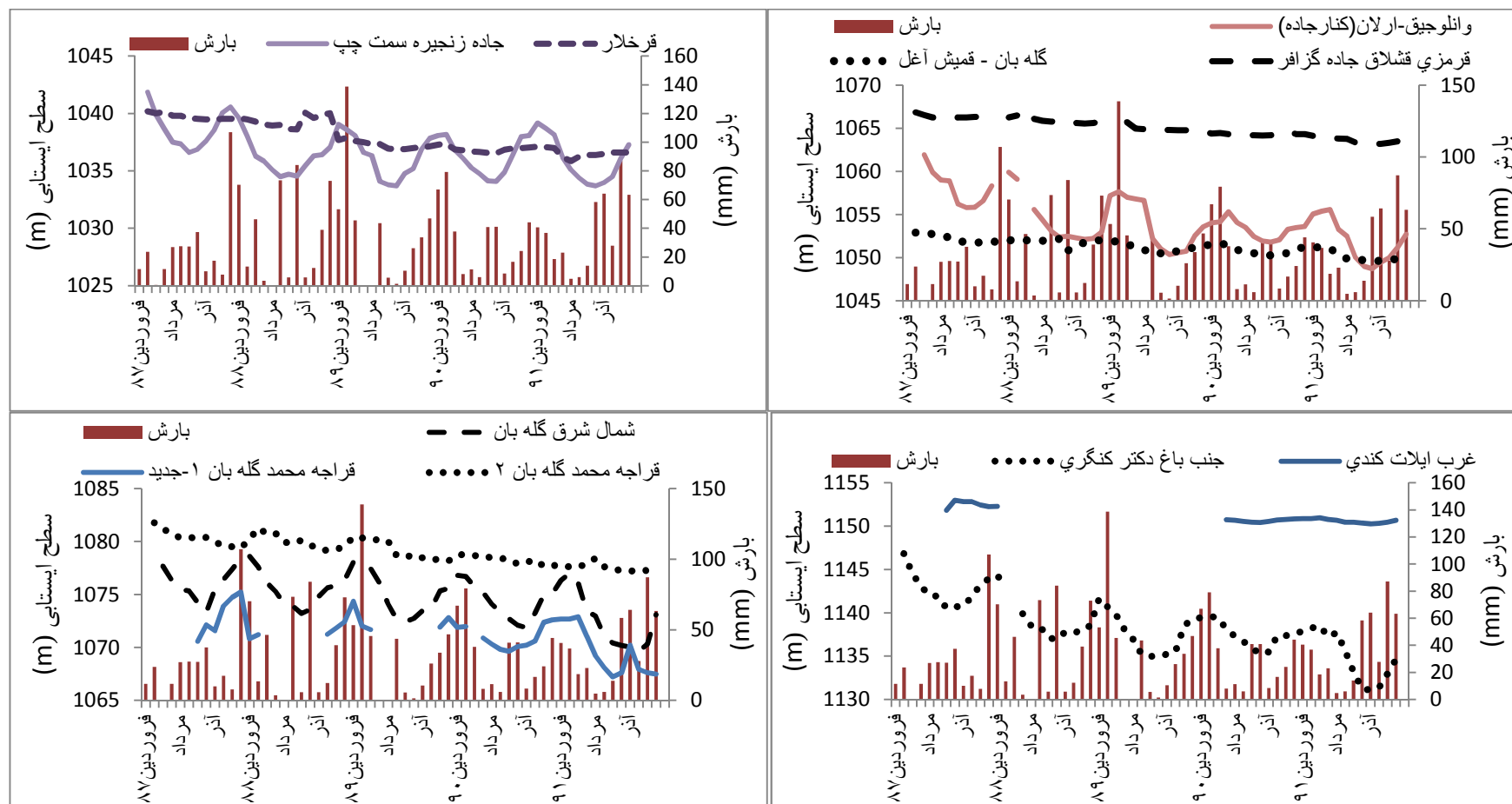
۲- انجام آزمون‌های پمپاژ جداگانه برای هر یک از لایه‌های آبدار و تعیین دقیق مقادیر ضرایب هیدرودینامیکی برای هر یک از لایه‌های آبدار به طور جداگانه.

۳- حفاری گمانه‌های اکتشافی در منطقه مورد مطالعه و بررسی دقیق لاگ‌های حفاری به منظور تعیین موقعیت لایه‌های آبدار.

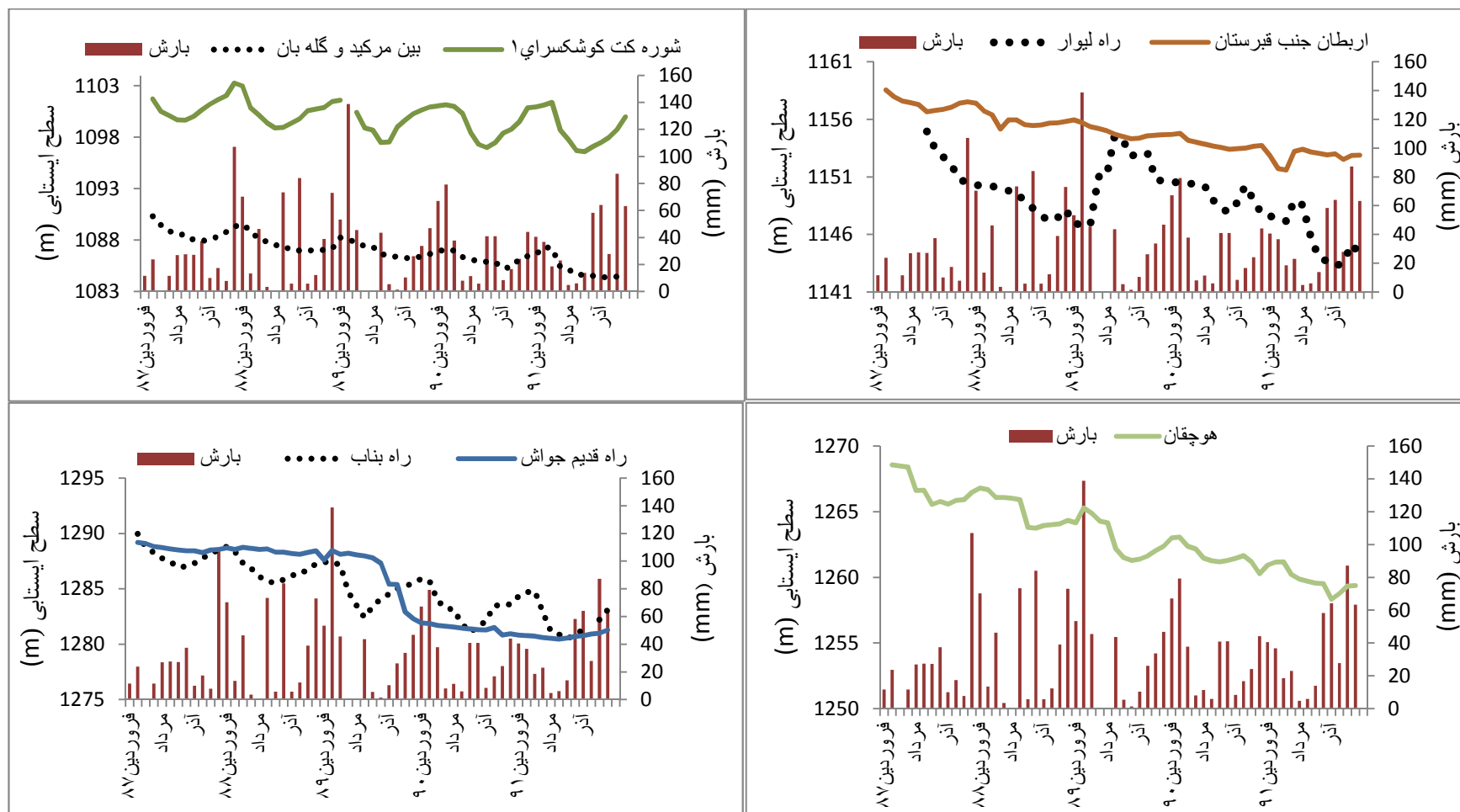
۴- به دلیل کیفیت بهتر آب زیرزمینی در لایه آبدار محبوس برنامه‌ریزی جهت استفاده بهتر از این لایه صورت گیرد.

۵- به دلیل افت سطح آب در هر دو لایه آبدار آزاد و محبوس بهتر است بر چاه‌های بهره‌برداری نظارت بیشتری صورت گیرد و در صورت امکان بهره‌برداری از آبخوان کاهش یابد.

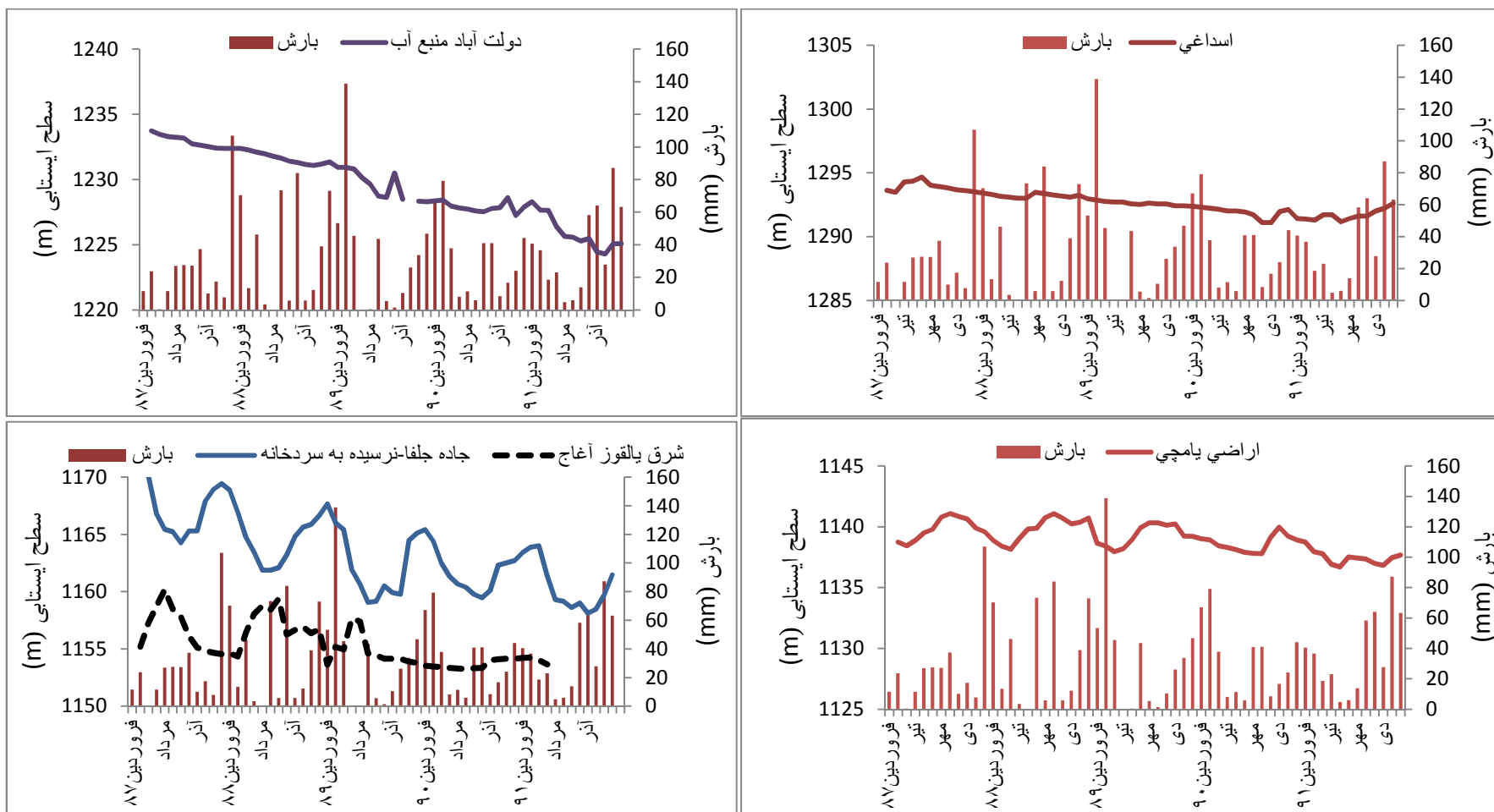
پیوست‌ها



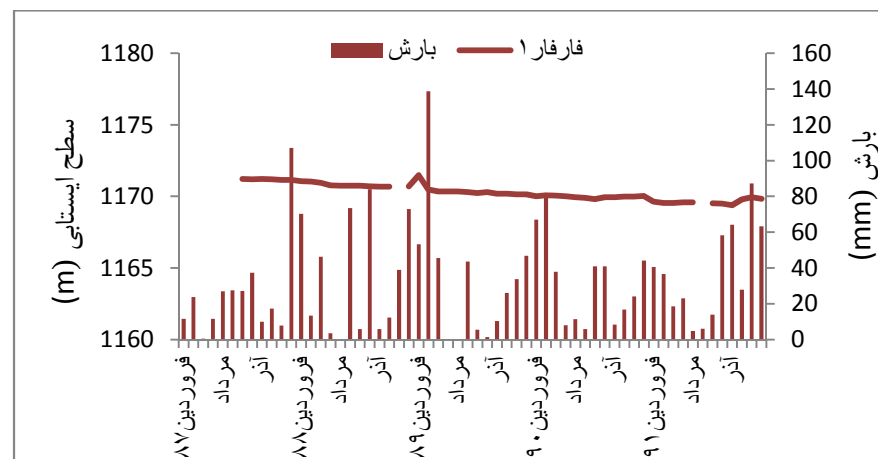
پیوست (۱) هیدروگراف چاه‌های مشاهده‌ای گروه اول – دسته اول



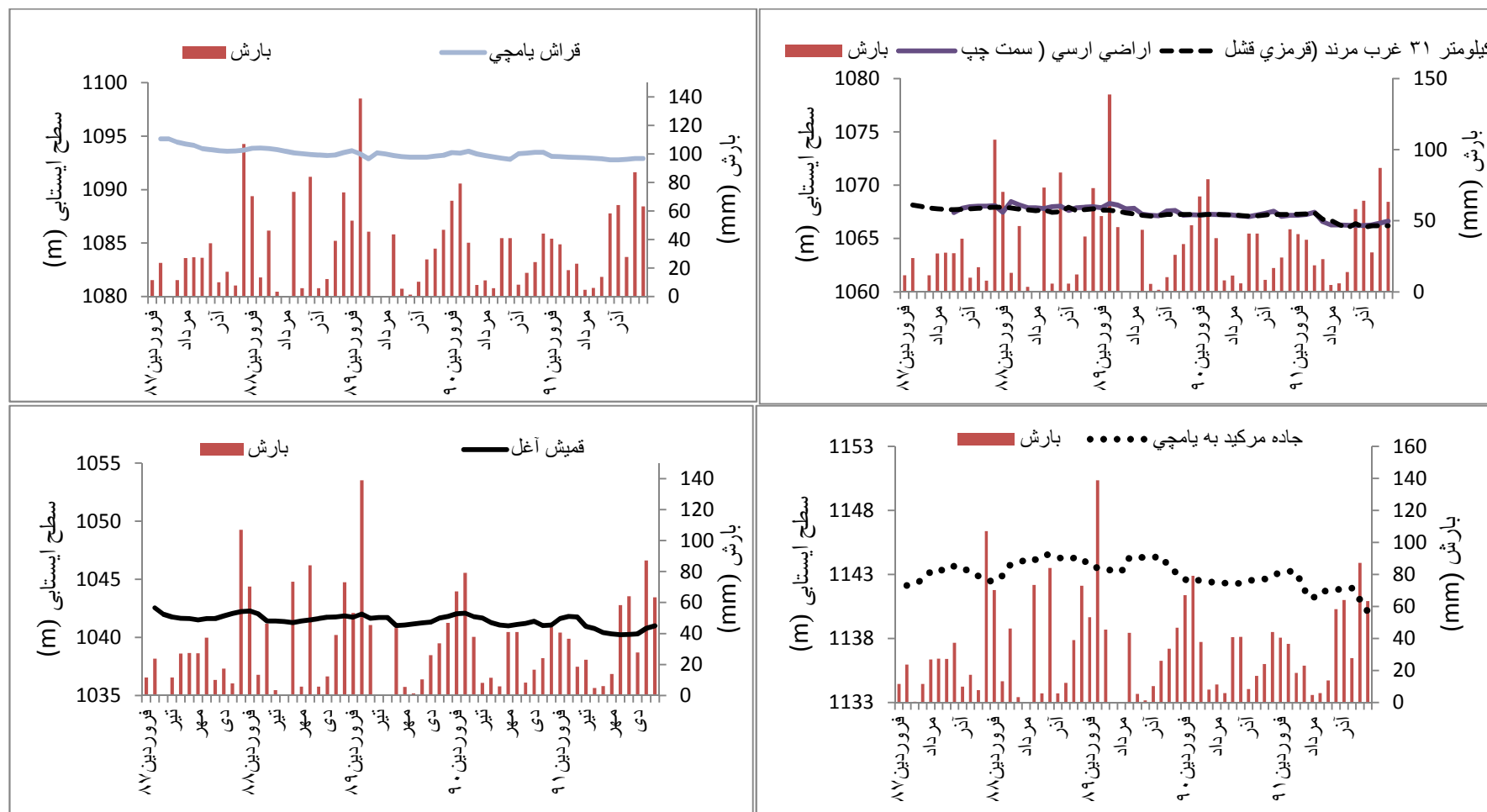
پیوست (۱) ادامه



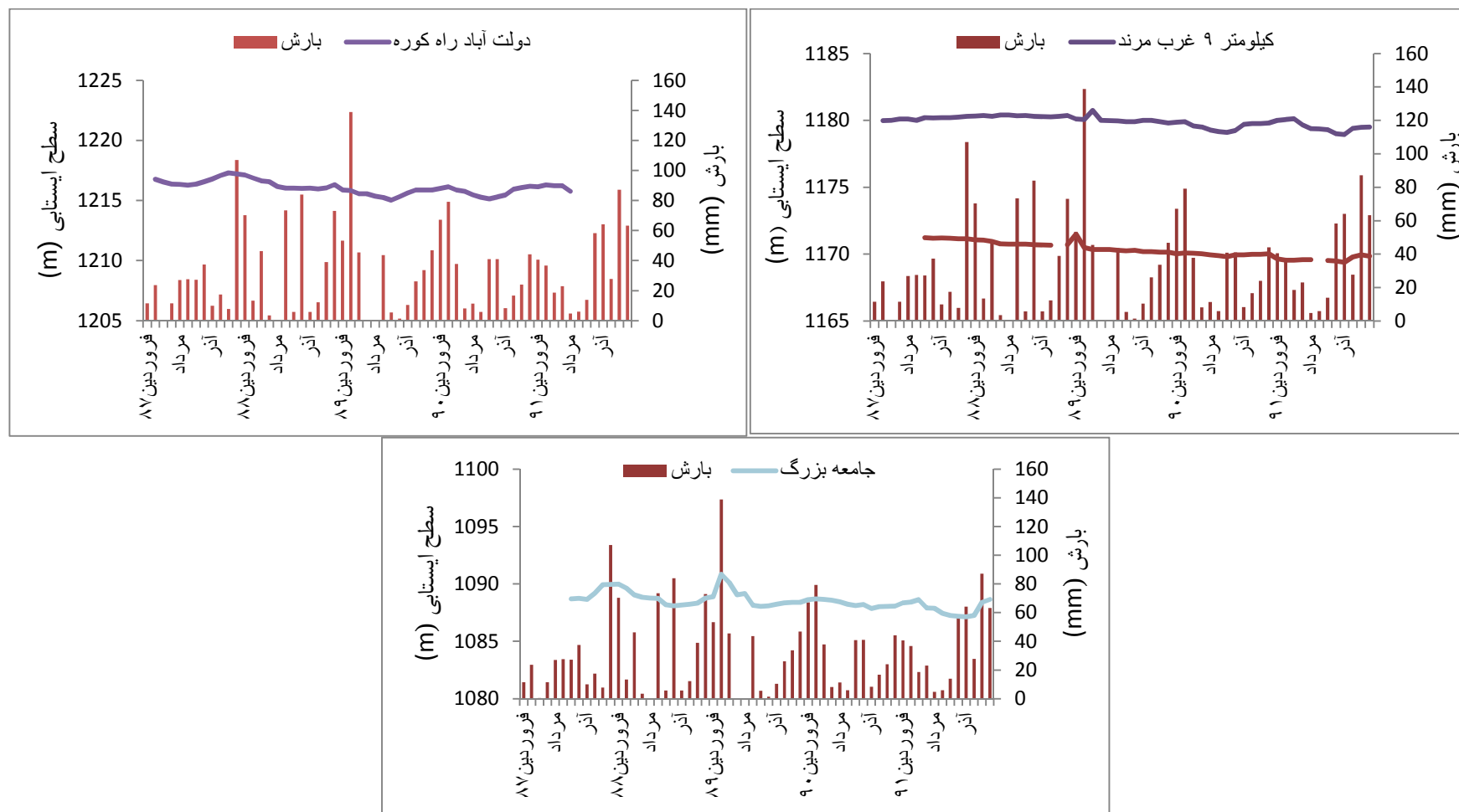
پیوست (۱) ادامه



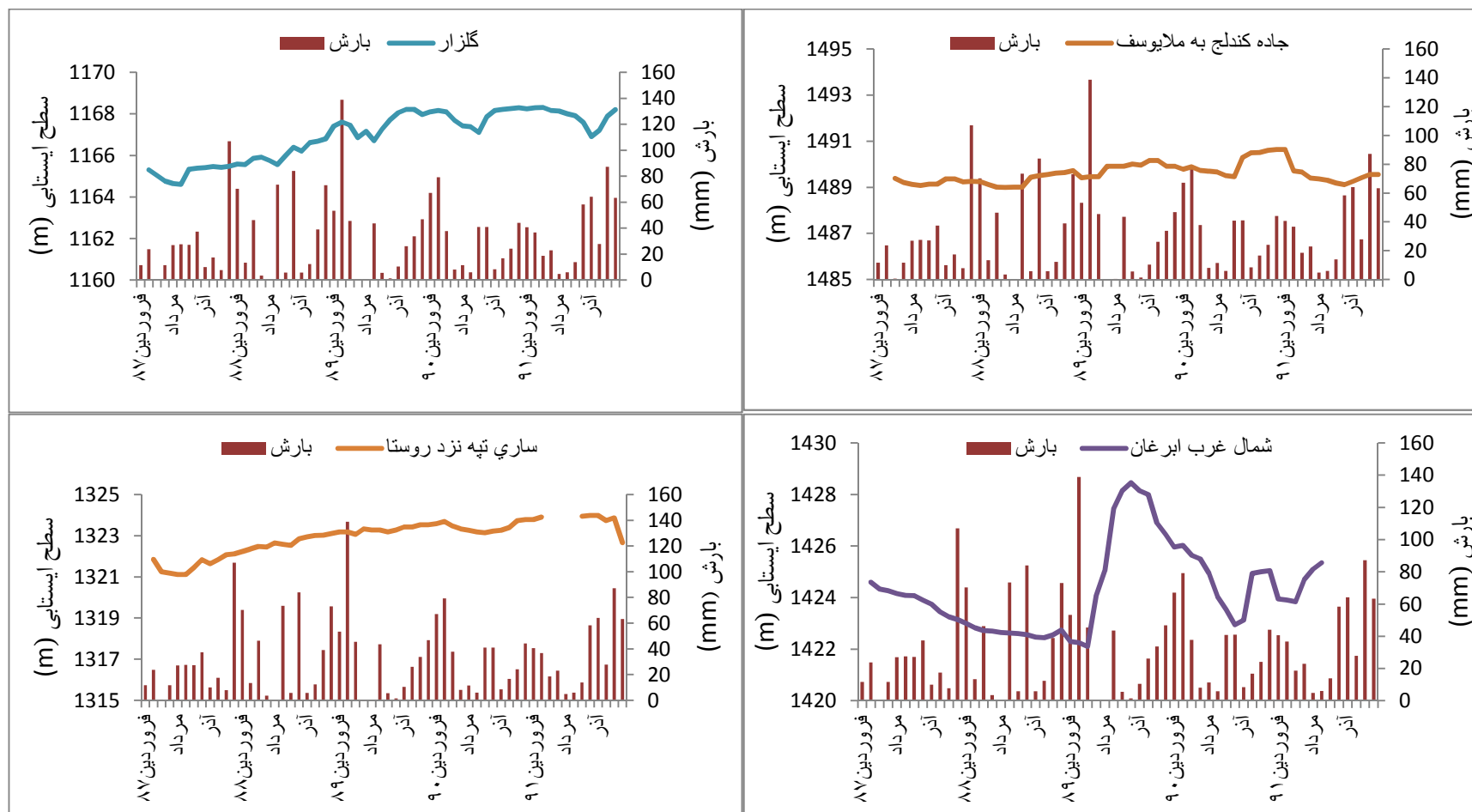
پیوست ۱) ادامه



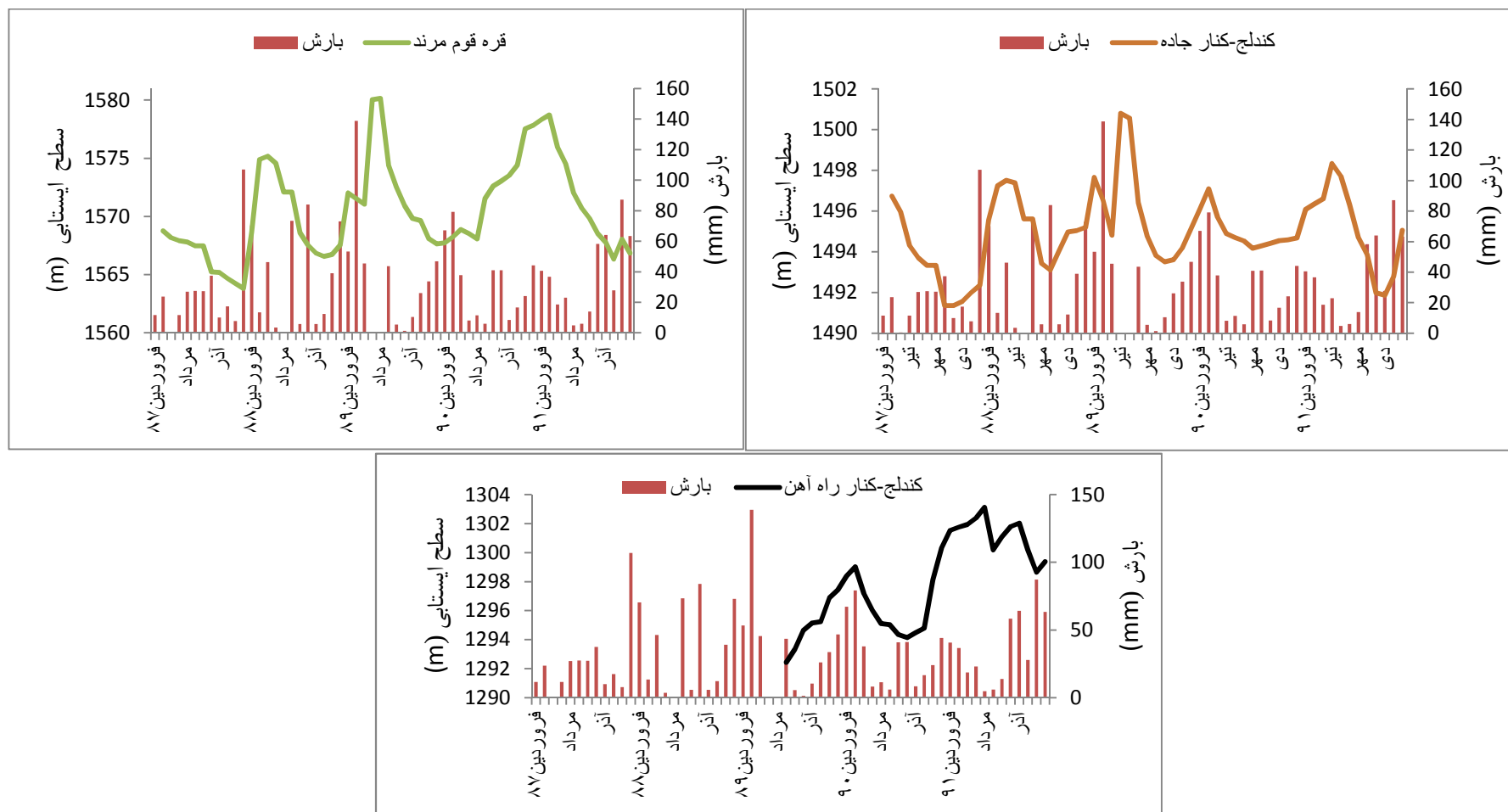
پیوست ۲) هیدروگراف چاه‌های مشاهده‌ای گروه اول - دسته دوم



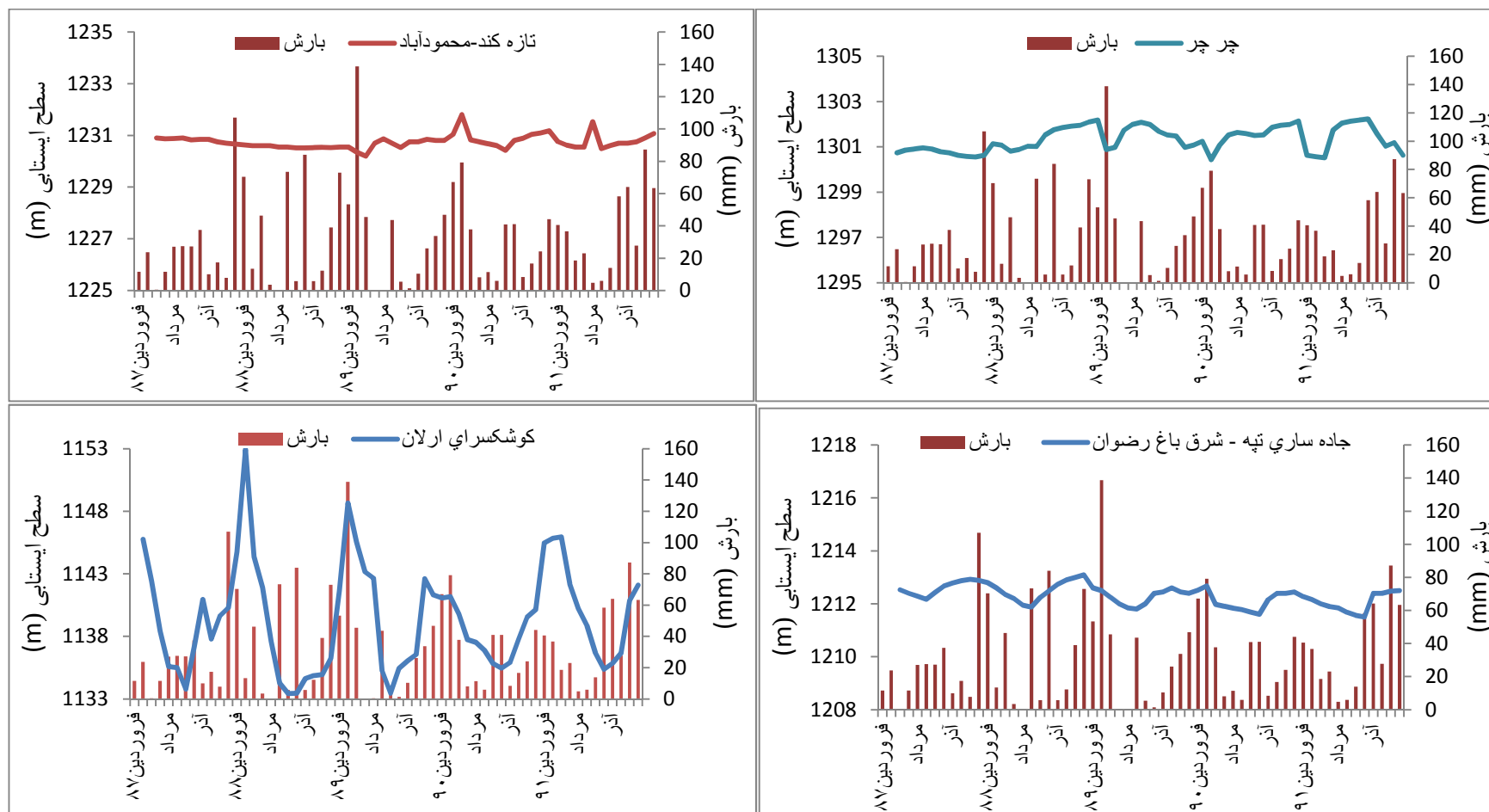
پیوست ۲) ادامه



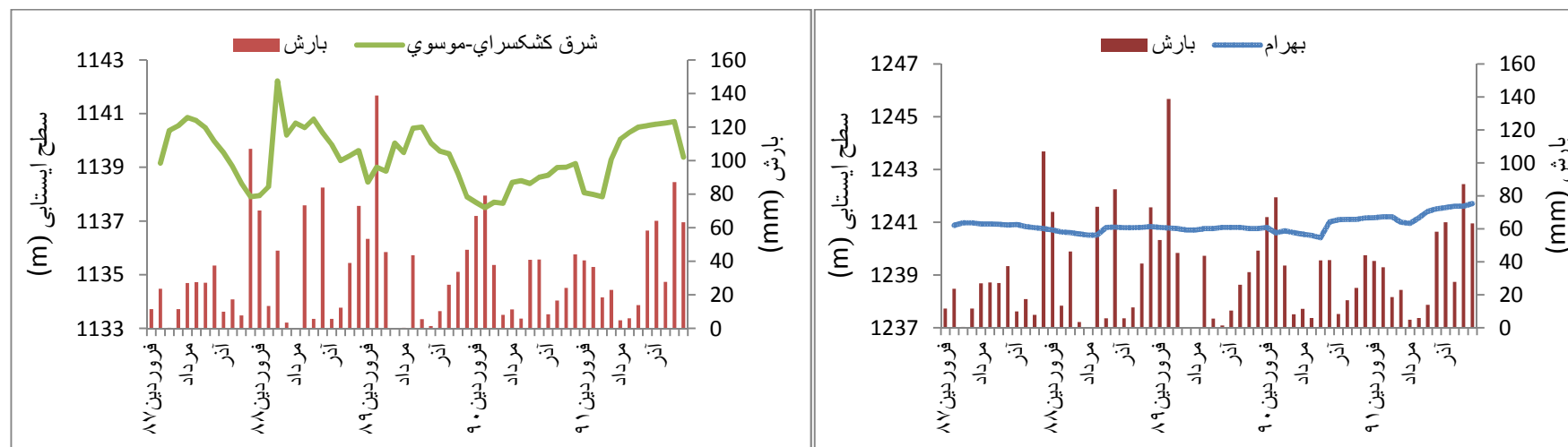
پیوست ۳) هیدروگراف چاه‌های مشاهده‌ای گروه دوم



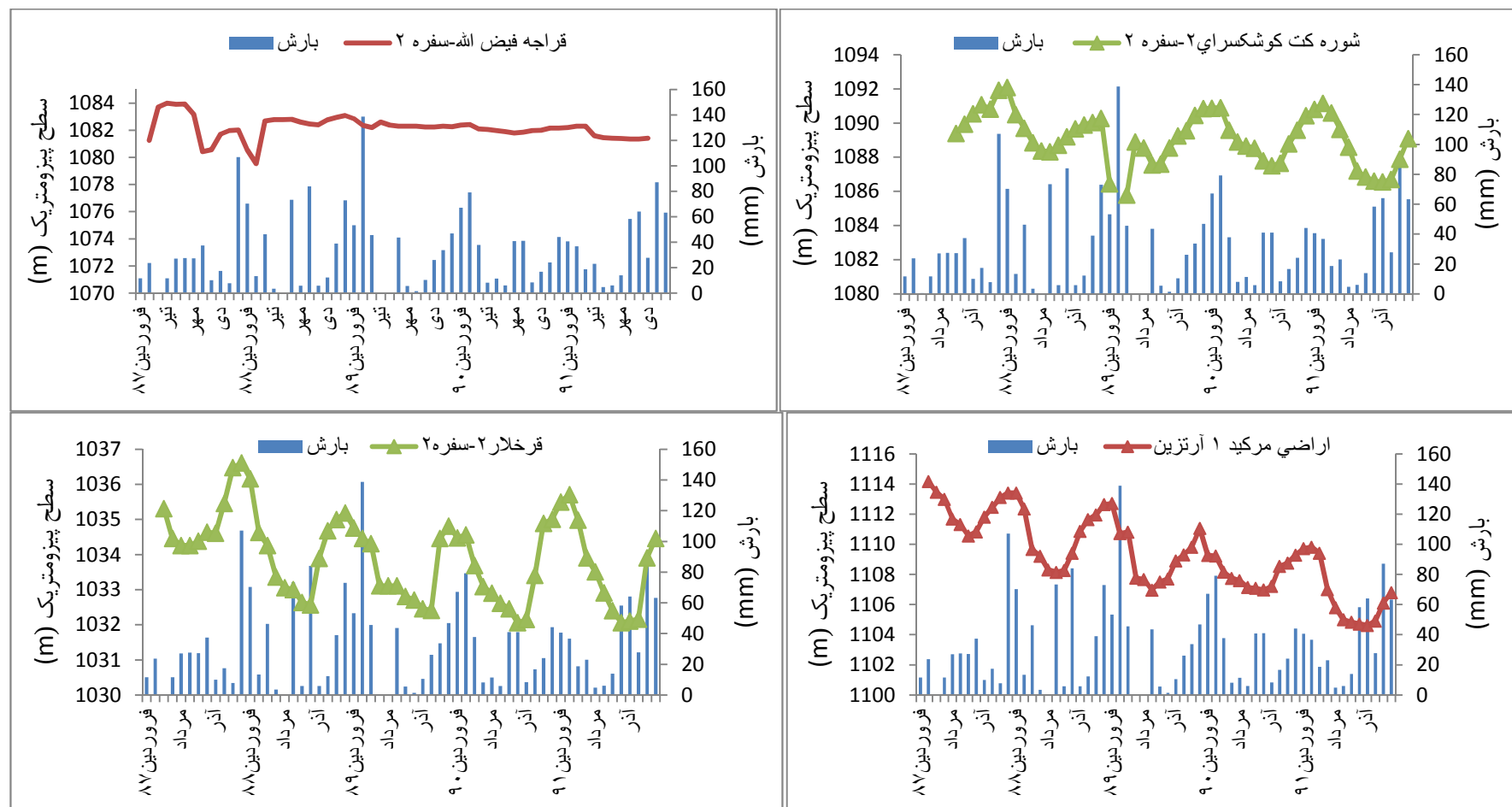
پیوست ۳ ادامه



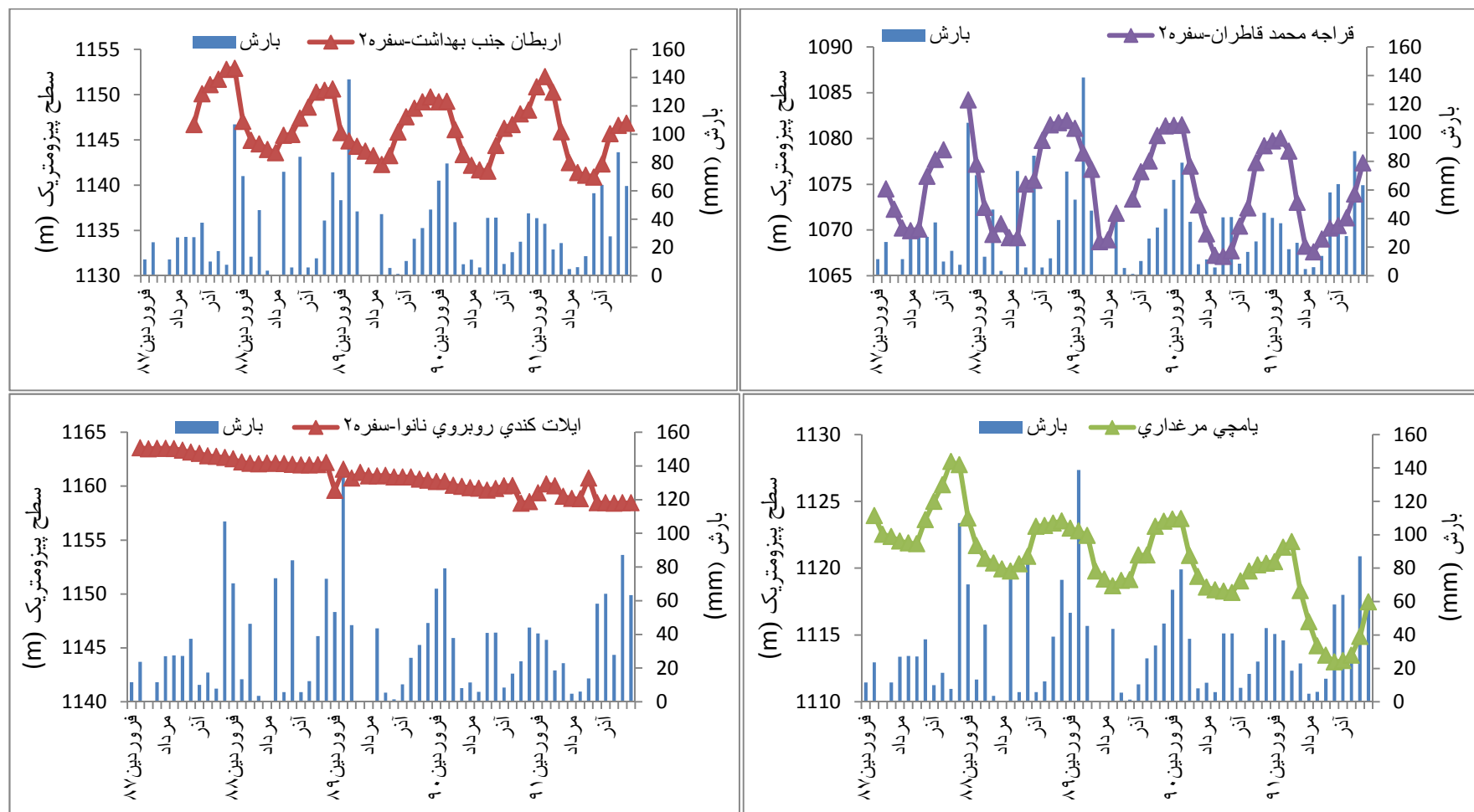
پیوست ۴) هیدروگراف چاه‌های مشاهده‌ای گروه سوم



پیوست ۴) ادامه



پیوست ۵) هیدروگراف پیزومترهای لایه آبدار محبوس آبخوان مرن



پیوست ۶) جدول داده های کیفی چاه های نفوذ کرده به لایه آزاد

چاه انتخابی	UTM X	UTM Y	EC (μcm)	pH	HCO ₃	CO ₃	SO ₄	Ca	Cl	K	Na	Mg
ابرغان ۱	579800	4259350	1874	8.3	4.7	0.25	4	3.4	9.75	0.21	10.4	4.72
ابرغان ۲	578601	4256951	2590	8.6	6.05	0.5	1.8	2.8	17.5	0.29	18	4.8
ابرغان ۳	575651	4256331	1495	8.3	3.65	0.25	4.5	2.68	6.5	0.11	9.7	2.44
اربطان	562804	4259429	740	8.6	3.65	0.5	0.7	1	2.5	0.04	1.66	4.68
اردکلو ۱	569650	4252720	796	8.2	5.6	0	0.5	2.52	1.85	0.03	1.36	4.04
اردکلو ۲	573075	4252935	804	8.2	5.6	0	0.7	1.88	1.7	0.09	2.9	3.16
اردکلو ۳	570880	4251914	703	8.2	5.25	0	0.4	2.8	1.35	0.02	0.8	3.4
ارسی ۱	544268	4259449	3680	7.7	5.4	0	5.1	8	26.25	0.18	20.6	8
ارسی ۲	544700	4258734	3660	7.9	4.15	0	4.9	8.8	27.5	0.18	20.4	7.2
ارسی ۳	542985	4262769	2060	7.9	4.95	0	3.1	5.2	12.5	0.19	11	4.2
ارسی ۴	544404	4260369	4320	8	4.65	0	6	10	32.5	0.16	23	10
ارلان باغلار	543106	4256486	2260	8.4	4	0.35	3.2	3.6	15	0.13	11.8	7
اوسداغی	575503	4251823	335	8.9	2.5	0.3	0.1	0.68	0.4	0.08	2.2	0.36
باروج	560796	4262334	1400	8.2	4.65	0	3	2.32	6.3	0.07	8.6	3
بناب ۱	580323	4253916	519	8.8	3.05	0.3	0.4	2	1.4	0.04	2.05	1.08
بناب ۲	576686	4253184	721	8.3	3.35	0.25	1.1	1.68	2.5	0.13	4.3	1.08
بناب ۳	577773	4254369	1279	8.1	3.9	0	3.2	4	5.65	0.12	6.8	1.84
بناب ۴	584642	4255134	483	8.6	2.75	0.5	0.3	1.88	1.25	0.04	1.9	1
هوجقان ۱	573484	4255630	704	8.7	2.5	0.2	1.8	1	2.5	0.05	5.1	0.88
هوجقان ۲	569805	4254654	615	8.3	3.65	0.25	0.7	1.64	1.5	0.03	1.34	3.12
یالقوز آغاج ۲	560540	4256894	686	8.4	3.3	0.35	1.4	1.68	1.8	0.03	2.5	2.64
یالقوز آغاج ۳	557106	4257974	1944	7.8	5.2	0	3.7	5.84	10.5	0.16	9.7	3.72

پیوست ۶) ادامه

چاه انتخابی	UTM X	UTM Y	EC (μcm)	pH	HCO ₃	CO ₃	SO ₄	Ca	Cl	K	Na	Mg
بنگین	570597	4255932	885	8.2	4.1	0	1.5	2.12	3.2	0.14	5	1.56
بهرام ۱	562900	4253200	741	8.5	4.9	0.4	0.4	1.88	1.7	0.07	2.85	2.6
بهرام ۲	561598	4256352	1036	8	5.4	0	2.5	2.8	2.45	0.07	2.65	4.8
بهرام ۳	560941	4256564	799	8.7	3.75	0.2	1.7	0.6	2.3	0.04	2.6	4.72
تازه کند-لیوار	560950	4266900	3040	8	6.6	0	5	8.8	18.75	0.15	12	9.4
تازه کند آخوند	562682	4263002	2470	7.5	12.8	0	3.1	5.6	8.75	0.19	9.9	9
تازه کندولیار	562250	4268450	3780	7.8	6.95	0	10.8	9.8	20	0.16	16.6	11.2
جامعه بزرگ	544900	4257226	2490	8.5	2	0.4	3.7	4.8	18.75	0.08	14.8	5.2
چرچر	565150	4270750	2070	8	4.45	0	8.7	5.4	7.5	0.09	8.8	6.4
چشمه زنوز-دوشان	573833	4271160	678	7.6	6.3	0	0.1	4	0.35	0.02	0.38	2.36
دولت آباد	570701	4257473	1153	8.4	3.75	0.35	2.3	2.16	5.1	0.08	7.1	2.16
دیزج علیا ۱	566650	4250650	790	7.5	6.15	0	0.4	3.92	1.3	0.02	0.9	3.04
دیزج علیا ۲	567804	4251337	794	8	5.55	0	0.4	2.16	1.95	0.04	1.72	4
دیزج یکان	565812	4255969	1015	8.1	6.5	0	1.1	2	2.5	0.06	1.68	6.4
زنجیره ۱	533298	4260057	3870	7.9	3.2	0	4.2	10.2	31.25	0.28	15.2	13
زنجیره ۲	532213	4258097	1124	7.7	3.65	0	3.3	3.4	4.25	0.06	4.35	3.4
زنوز ۱	572933	4271291	807	7.4	7.7	0	0.05	5.48	0.3	0.02	0.34	2.2
زنوز ۲	565923	4260574	2520	7.7	10.5	0	3.4	5.2	11.25	0.19	13.4	6.4
ساری تپه	566747	4259022	1982	7.9	6.4	0	3.9	5.4	9.5	0.17	11	3.24
ساری تپه-شیخ علی	570800	4263350	2720	7.6	9.4	0	4	6.2	13.75	0.17	11	9.8
قراجه فیض اله	546621	4257087	2300	7.8	4.35	0	3.6	4.4	15	0.12	14	4.4

پیوست ۶) ادامه

چاه انتخابی	UTM X	UTM Y	EC (μ/cm)	pH	HCO ₃	CO ₃	SO ₄	Ca	Cl	K	Na	Mg
قراجه محمد ۱	548590	4261604	2960	8.3	4.05	0.25	1.5	8.8	23.75	0.19	11	9.6
قرخلار ۲	533522	4262408	2510	7.7	2.35	0	2.7	8	20	0.19	7.9	9
قرمز قشلاق ۱	539578	4256422	1801	7.8	3.7	0	9.3	5.4	5	0.12	4.8	7.68
قرمز قشلاق ۲	538617	4257605	3120	8.5	7.2	0.4	2.3	2.6	21.25	0.24	25.5	2.8
قمش آغل	541197	4266030	2520	7	11.35	0	1.3	7.8	12.5	0.31	11	6
کشکسرای ۱	550183	4257050	1886	8.4	1.8	0.35	4.2	3.6	12.5	0.05	10.4	4.8
کشکسرای ۲	547703	4256728	1978	8	3.4	0	3.6	4.2	12.75	0.12	10.2	5.24
کندلج ۱	566000	4248900	626	7.8	4.65	0	0.4	3	1.2	0.04	0.56	2.64
کندلج ۲	566268	4251218	696	8.2	4.45	0	0.8	1.88	1.7	0.03	1.4	3.64
گلزار	563992	4261439	1394	8.3	4.75	0.25	2.8	2.44	6.1	0.17	9	2.32
گله بان ۱	547902	4262854	3090	8.3	3.4	0.25	4.7	10	22.5	0.18	8.7	12
گله بان ۲	547124	4265071	2750	8	4.9	0	3.8	8	18.75	0.26	11.2	8
گله بان ۳	547010	4266059	4460	7.3	4.95	0	7.1	18	32.5	0.19	14.4	12
لیوار ۱	558500	4265270	4700	6.8	14.25	0	10.2	18	22.5	0.19	14	14.8
لیوار ۲	559151	4265059	4780	6.7	15.75	0	9.5	20	22.5	0.17	12.4	15.2
مرکید ۲	549968	4265078	1444	7.9	6.4	0	3.2	3.68	4.8	0.08	6.1	4.56
وانلوجق	546499	4255191	3200	8.3	4	0.25	5.2	4.6	22.5	0.16	22.6	4.6

پیوست

پیوست ۷) جدول داده های کیفی چاه های نفوذ کرده به لایه آبدار محبوس

چاه انتخابی	UTM X	UTM Y	EC (μcm)	pH	HCO ₃	CO ₃	SO ₄	Ca	Cl	K	Na	Mg
اربطان-باروج	561035	4260842	988	8.2	5.35	0	0.75	2	3.75	0.05	4.2	3.6
دیزج حسین بیگ	553107	4257811	1084	8.6	3.4	0.5	2.3	3	4.6	0.08	3.55	4.2
فارفار	559972	4259217	818	8.5	4.25	0.4	1.1	1.64	2.4	0.05	2.9	3.56
قراجه محمد ۲	550307	4260855	1133	8.1	4.1	0	2.9	3.2	4.3	0.12	5	3
قرخلار ۱	533306	4261292	2280	7.8	3	0	1	6.4	18.75	0.21	6.5	9.6
کشکسرای ۳	548585	4258393	1430	8.5	3.05	0.4	3.4	2.64	7.4	0.08	7.7	3.84
گله بان-پناهی	547761	4264273	1097	8.8	4.9	0.2	1.5	2.08	4.35	0.11	5.8	2.96
لیوار سفلی	560343	4263081	2890	6.8	18.3	0	1.8	8.6	8.75	0.26	10.4	9.6
مرکید ۱	553309	4262423	1248	8	5.45	0	2.7	2	4.3	0.09	6.8	3.56
مرکید ۳	555055	4261709	1144	8.3	3.65	0.25	3.1	2.28	4.4	0.09	4.9	4.16
مرکید ۴	550204	4264408	1659	7.5	9.5	0	1.8	4.92	5.25	0.19	7.6	3.84
مرکید ۵	552283	4261307	1423	7.7	7.9	0	1.9	4	4.4	0.12	5.1	5
یالقوز آغاج ۱	556239	4259371	894	8.4	4	0.35	1.6	2.12	2.95	0.1	3.5	3.2
یامچی ۴	557443	4263003	842	8.5	4.2	0.4	1	1.4	2.8	0.08	5.2	1.72
یامچی ۵	556406	4263579	1572	8	6.5	0	3.2	4.2	6	0.11	7.6	3.8

- ۱- اصغری مقدم، الف. (۱۳۸۹)، "اصول شناخت آب‌های زیرزمینی"، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تبریز، ۳۴۹ ص.
- ۲- درویش زاده، ع.، (۱۳۷۰)، "زمین شناسی ایران"، نشر دانش امروز، ۹۰۱ ص.
- ۳- صداقت، م.، (۱۳۷۲)، "زمین و منابع آب (آب‌های زیرزمینی)"، چاپ اول، دانشگاه پیام نور، تهران، ۳۶۸ ص.
- ۴- شرکت آب منطقه ای آذربایجان شرقی، (۱۳۸۷)، آمار برداری محدوده مطالعاتی مرنند.
- ۵- شرکت آب منطقه ای آذربایجان شرقی، (۱۳۸۷)، گزارش هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمی دشت مرنند، وزارت نیرو، امور مطالعات منابع آب.
- ۶- شمس، ف.، اصغری مقدم، الف.، واعظی، ع.، (۱۳۹۲)، "تحلیل حساسیت چاه های بهره‌برداری نفوذ کرده به آبخوان های چند لایه در مدلسازی عددی"، اولین کنفرانس ملی مهندسی اکتشافات منابع زیرزمینی، شاهرود.
- ۷- علاف نجیب، م.، (۱۳۸۲)، پایان نامه ارشد: "هیدروژئولوژی دشت مرنند و تأثیر تغییرات سطح آب در کیفیت آب زیرزمینی"، دانشکده علوم، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- ۸- علاف نجیب، م.، زینالی، ع.، درختی، ک.، (۱۳۸۸)، "برآورد قابلیت انتقال دشت مرنند با استفاده از مطالعات ژئوفیزیک"، دومین کنفرانس سراسری آب، ص ۶۴۶-۶۵۲، بهبهان.
- ۹- کوهستان نجفی، ح.، برادر یآوری، ج.، (۱۳۸۶)، "بررسی شیوه های تعیین میزان برداشت بهینه از آب زیرزمینی در منطقه با توجه به سالهای خشک و مرطوب و معرفی روش برآورد نسبت بهینه بارندگی به تخلیه"، نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، کرمان.
- ۱۰- نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ مرنند، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- ۱۱- نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ جلفا، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- ۱۲- نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ تسوج، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

۱۳- نقشه راه های ایران با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰۰ (۱۳۸۵)، موسسه جغرافیایی و کارتوگرافی

گیتاشناسی

۱۴- مومنی، ف.، (۱۳۸۹)، "بررسی اثرات خشکسالی بر خصوصیات کمی و کیفی آبخوان دشت

مروند"، پنجمین همایش ملی زمین شناسی و محیط زیست، اسلامشهر.

- 1- **Carrillo-Rivera, J.J. (1992)** The hydrogeology of the San Luis Potosi area, Mexico. PhD thesis, University College, University of London, England.
- 2- **Carrillo-Rivera, J.J., Cardona, A. and Moss, D. (1996)** Importance of vertical components of groundwater flow: a hydrogeochemical approach in the valley of San Luis Potosi, Mexico. *J. Hydrol.* 185: 23–44pp.
- 3- **Gerber, R.E., Boyce, J.I. and Howard, K.W.F. (2001)** Evaluation of heterogeneity and field-scale groundwater flow regime in a leaky till aquitard. *Hydrogeol. J.* 9: 60–78pp.
- 4- **Kavalanekar, N.B., Sharma, S.C. and Rushton, K.R. (1992)** Over-exploitation of an alluvial aquifer in Gujarat, India. *Hydrol. Sci. J.* 37: 329–346pp.
- 5- **Lawrence, A.R. and Dharmagunwardena, H.A. (1983)** Vertical recharge to a confined limestone in northwest Sri Lanka. *J. Hydrol.* 63: 287–297pp.
- 6- **Rushton, K.R., (2003)** Groundwater Hydrology Conceptual and Computational Models. John Willey & Sons Inc. New York, U.S.A., 416pp.
- 7- **Rushton, K.R. and Salmon, S. (1993)** Significance of vertical flow through low-conductivity zones in Bromsgrove sandstone aquifer. *J. Hydrol.* 152: 131–152pp.
- 8- **Todd, D.K., 2d. ed., (1980)** Groundwater Hydrology. John Willey & Sons Inc. New York, U.S.A., 535pp.
- 9- **Ward, D.S., Buss, D.R., Mercer, J.W. and Hughes, S.S. (1987)** Evaluation of groundwater corrective action of the Chem-Dyne hazardous waste site using a telescopic mesh refinement modeling approach. *Water Resour. Res.* 23: 603–617pp.

Abstract

The aquifer can be unconfined aquifer and confined aquifer layers are formed. To evaluate groundwater flow in a are used multilayered aquifer lithology logs, water table and piezometric levels, pumping tests, and hydrochemical characteristics. The results of the geophysical data and well logs drilled in the Plains Aquifer, a multilayer has been detected. In the East, the aquifer is unconfined aquifer layer and the middle part of the aquifer to the west end, in addition to the unconfined layer is a layer of extended confinement. Fluctuations in observation wells (boreholes drilled in the Unconfined layer) shows a decreasing trend with an average water table has dropped 0.49 meters a year. Fluctuations in piezometers (boreholes drilled in confined layers) also decrease the loss rate show of 0.7 meters per year Piezometric. Equipotential lines in the Unconfined layer suggests that this layer of the southeastern edge of North and East and the West, supply is Discharged. Confining layer is fed from the South East and the West is Discharged. Investigation showed that the type of water quality data in the Unconfined layer in the South East, bi-carbonate and elsewhere aquifer is infinite clorite. Type bi-carbonate type of water is confined in layer. The electrical conductivity of the Unconfined layer in the South East to 335 μcm in well Asdaghi and 4800 μcm in parts of West layered looks. Confined layer in the layers of 818 μcm at the entrance to more than 2000 μcm layer in the output layer is reached. Similar type of underground water and electrical conductivity of the confining layer to the Unconfined layer represents the southeastern part of the area is confined to a layer recharge.



Shahrood University of Technology

Faculty of Earth Sciences

Department of Hydrogeology & Environmental geology

MSc thesis

Mechanism of Groundwater Flow in Marand Multi-layer Aquifer

Khalil Erfan

Supervisor

Dr. Hadi Jafari

Advisors

Msc. Ali Zeynali

September 2014