پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال سوم، شماره ۲، پاییز ۱۳۹۳
صص. ۱۵-۱

ارزیابی هیدرودینامیکی و ژئومورفولوژیکی نهشته‌های کواترنری تحلیل بحران آب‌های زیرزمینی شمال دریاچه ارومیه (مطالعه موردی دشت تسوج)

احد حبیب زاده* ـ دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز
شهرام روستائی ـ استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز
محمدرضا نیکجو- استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز

پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۰۲/۲۰ تأیید نهایی: ۱۳۹۲/۹/۲۸

چکیده

حوضه آبریز دریاچه ارومیه با داشتن دشت‌هایی مانند دشت تبریز، ارومیه، مراغه، مهاباد، میاندوآب، شبستر ، تسوج، سلماس، پیرانشهر، آذرشهر یکی از کانون‌های ارزشمند فعالیت کشاورزی و دامداری در ایران به‌شمار می‌رود. در حال حاضر دریاچه ارومیه در خطر خشک شدن کامل بوده و طی ۱۵ سال گذشته(۷۵-۹۰) ٦ متر کاهش سطح داشته‌است. منطقه پژوهشی در دشت آبرفتی تسوج، شمال دریاچه قرار دارد. ارتفاع متوسط ۱۷۰۰ متر با میانگین بارش ۲۲ ساله منطقه در حدود ۳٦۳/۳ میلی مترو متوسط دمای سالانه ۱۰/٦۵ درجه سانتی گراد است. ژئومورفولوژی منطقه شامل حوضه‌ای کشیده شمالی – جنوبی است که از شمال به ارتفاعات میشوداغ و از جنوب به دریاچه ارومیه منتهی می‌گردد. زمین‌شناسی منطقه اغلب شامل سازندهای مارنی ، گچی ، و آهکی میوسن است. بر اساس آمارسال ۱۳۹۱ سازمان آب از مجموع ۵۱ رشته قنات دایر ، ۲۷ دهنه چشمه دائمی و فصلی، ۱۳٤ حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق فعال در دشت تسوج میزان ۲٤ میلیون متر مکعب سالانه متوسط تخلیه آب از سفره‌های زیرزمینی صورت می‌گیرد. در راستای تحلیل‌های ژئومورفولوژیکی اقدام به تهیه نقشه‌های رقومی سنگ‌شناسی سطحی، توپوگرافی در مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ ، نقشه هم عمق سنگ کف با استفاده از نرم افزارهای ilwis,Arc GIS گردید جهت بررسی و تحلیل‌های هیدرودینامیکی نهشته‌های کواترنری اقدام به مطالعات ژئوفیزیکی ، حفر چاه‌های پیزومتری و اکتشافی در راستای اجرای طرح تحقیقاتی شد، بررسی ها ۵ کلاس از نهشته‌ها ی کواترنری (Q1,Q2,Q3,Qal,Qmf) را نشان داد. در قسمت دشت سر و نواحی مخروط افکنه ای ضخامت قابل‌توجه از نهشته‌های دانه درشت فاقد لایه آبدار(Q3) وجود داشته و به سمت دریاچه دانه‌بندی رسوبات ریزدانه شده و حاوی آب هستند(Q2). توپوگرافی سنگ کف در نواحی قراتپه از عوامل نفوذ آب شور دریاچه به سمت دشت است. آزمایش پمپاژ چاه اکتشافی محدوده طرح تحقیقاتی نشان‌دهنده قابلیت نفوذپذیری۱ ۹۱/۳۵ مترمربع بر روز است. بررسی دانه‌بندی نمونه‌های لوگ چاه‌ها نشان داد که قسمت‌های میانی دشت از نفوذپذیری و هدایت هیدرولیکی بالا برخوردار است.

واژگان کلیدی: هیدرودینامیک، ژئومورفولوژی، نهشته‌های کواترنری، دریاچه ارومیه.

---

* نویسنده مسئول: ۰۹۱۴۴۰۹۵۸۶۹ E-mail: a.habibzadeh@tabrizu.ac.ir

مقدمه

ژئومورفولوژی دشت‌های آبرفتی به طور کلی شامل مخروط افکنه ها، دشت‌های سیلابی ، تـراس‌هـای آبرفتـی و دلتاهـا هستند، این نهشته‌ها به عنوان لندفرم های رودخانه‌ای از جمله نهشته‌های کـواترنری بـه شـمار مـی‌آینـد. در حاشـیه‌ای دریاچه ارومیه این دشت‌ها یکی از کانون‌های ارزشمند فعالیت کشاورزی و دامداری بوده، ضامن توسعه پایدار کشـاورزی منطقه به شمار می‌آیند. لازمه این توسعه تأمین آب و حفاظت از زمین‌های کشاورزی است. این دریاچه در خطر خشـک شدن کامل قرار دارد و طی ۱۵ سال گذشته(۷۵-۹۰) ۶ متر کاهش سطح داشته‌اسـت(۴). اختصـاص ۹۰٪ منـابع آبـی منطقه به بخش کشاورزی، تبخیر زیاد در پی گرم شدن هوا، تغییرات اقلیمی و برداشت غیرمجاز از آب‌های زیرزمینـی در پی حفر چاه از دلایل خشک شدن این دریاچه است. کارشناسان ابراز داشته‌اند در صورت خشک شدن این دریاچه هـوای معتدل منطقه تبدیل به هوای گرمسیری با بادهای نمکی گردیـده و زیسـت محـیط منطقـه را تغییـر خواهـد داد(برنامـه مدیریت جامع دریاچه ارومیه، ۱۳۹۰:۱۸).

نهشته‌های کواترنری در طول تاریخ به عنوان منابع اصلی تأمین‌کننده آب برای بشر محسوب شده و به عنوان بهتـرین مکان‌های زندگی به شمار می‌آیند، و همیشه تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی از قبیل کشت و زرع، سکونت و استفاده‌هـای مختلف بشر قرار داشته‌اند. در منطقه مطالعـاتی از دشـت سـر[1] تـا حاشـیه دریاچـه، نهشـته‌هـای کـواترنری بـا ضـرایب هیدرودینامیکی و ضخامت مربوط ، تکتونیک موثر بر آن‌ها (به عنوان مرزهای سفره‌های زیرزمینی دشت) نقش موثری در نفوذ آب شور به سمت سفره آب شیرین دارند .

در این راستا لازم است مطالعات اساسی در جهت شـناخت خصوصـیات هیـدروژئومورفولوژیکی نهشـته‌هـای کـواترنری حاشیه دریاچه ارومیه از قبیل ضخامت، نفوذپذیری، توپوگرافی سنگ کف و پارامتر های هیـدرودینامیکی صـورت گیـرد. اهداف این بررسی شامل بررسی خصوصیات هیدروژئومورفولوژیکی نهشته‌هـای کـواترنری در حاشـیه شـمال و شـمال شرق دریاچه از محدوده حد کوه – دشت تا کناره‌های دریاچه است. تحقیقات متعددی در زمینه نهشته‌های کـواترنری و نقش این رسوبات در تشکیل لایه‌های آبدار صورت گرفته است . کریش نامورتی[2] و همکاران (۱۹۹۶) ،در تعیین منـاطق مناسب برای تغذیه آب‌های زیرزمینی در جنوب هنـد ، از تکنولـوژی سـنجش از دور و GIS اسـتفاده کردنـد و پـس از استخراج لایه‌های اطلاعاتی ، به واحدهای هر نقشه بر اساس درجه اهمیتشان در تعیین مناطق مستعد تشکیل سفره‌های آب زیرزمینی وزن خاص دادند . آن‌ها عوامل زمین‌شناسی ، توپوگرافی ، گسل‌ها و شکستگی‌ها ، آب سطحی ، زهکشی ، تراکم آبراهه و شیب را مطالعه کرده ، و نقشه‌های فوق را در ارتباط با تغذیه آب‌های زیرزمینی به طبقات عـالی ، خیلـی خوب ، خوب ، متوسط و فقیر پهنه بندی کردند در نهایت برای نقشه‌ها وزن داده ، به روش گام به گام (Stepwise) با یکدیگر تلفیق نمودند و نقشه اراضی مستعد تغذیه مصنوعی را بدست آوردند . این تحقیـق بیـانگر آن اسـت کـه منـاطق مناسب (طبقات عالی) برای این منظور محدوده کواترنری و شیب کمتر از ۵ درصد می‌باشد.گرپس [3]و همکـاران (۲۰۰۵) هیدرودینامیک رسوبات در دشت سیلابی حوضه چاک [4] رودخانه لامبورن انگلستان را بررسی نمودنـد در ایـن طـرح بـا استفاده از گمانه‌ها و چاه‌های پیزومتریک سطوح مختلف آب زیرزمینی در کانال‌های دشت سیلابی و کف دره‌هـا بررسـی شده است به طوری که سفره آبدار زیرزمینی آبرفتی گراولی در عمق دره توسط رودخانه دائمی تغذیه می‌گردد. مقـدار شیب هیدرولیکی با استفاده از گمانه‌های موجود در سه سایت در دشت سیلابی اندازه‌گیری شده که شامل سـایت هـای باک هامپتون[5]،گارستون شرقی[1] و شـیفورد غربـی[2] بودنـد. عبـدی و غیومیـان (۱۳۷۹) ، تحقیقـی را در مـورد تعیـین

1 - Apron Pediment
2 - Krishnamurthy
3 - T.R. Grapes
4 -chak
5 -Bockhampton

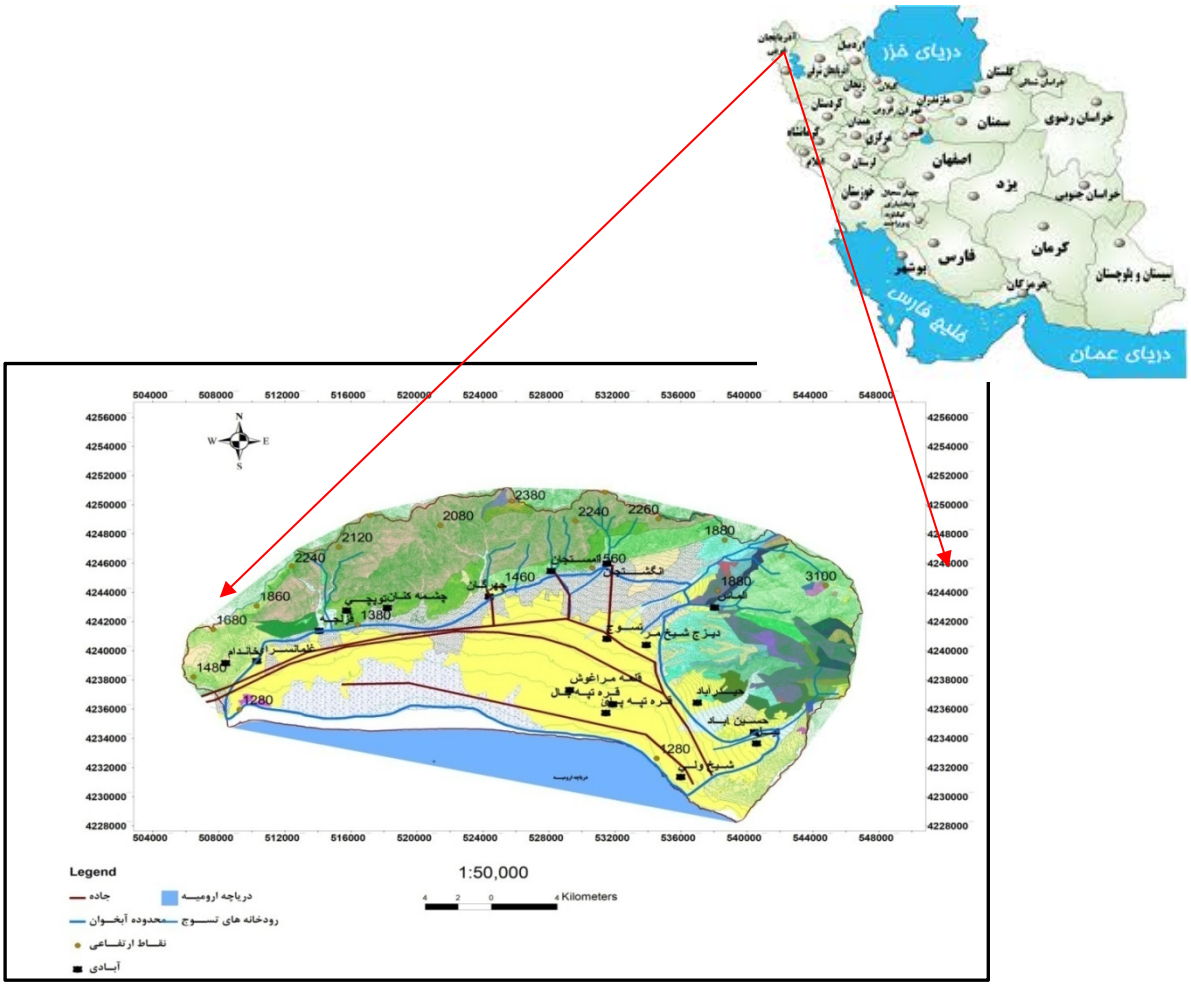
محل‌های مناسب برای پخش سیلاب در دشت زنجان انجام دادند ایشان با استفاده از داده‌های ژئوفیزیکی ، زمین‌شناسی و پردازش آن‌ها در محیط GIS ، به بررسی مشخصه‌های بافتی و نفوذپذیری رسوبات کواترنری پرداختند. همچنین از نتایج مقاومت مخصوص ظاهری و عرضی داده‌های ژئوفیزیکی نهشته‌های دشت، لایه‌های اطلاعاتی را طبقه‌بندی نمودند، پس از آن با تلفیق و همپوشانی این لایه‌ها محل‌های مناسب برای ذخیره‌سازی آب‌های سطحی و تغذیه منابع آب زیرزمینی اولویت‌بندی شده است. مهرورز (۳۸۲)، مطالعه موردی بررسی نهشته‌های کواترنری جهت تعیین مناطق مستعد پخش سیلاب دشت تسوج با استفاده از تئوری فازی را انجام داده و پنج عامل شیب ، نفوذپذیری سطحی ، قابلیت انتقال ، ضخامت آبرفت خشک و کیفیت آبرفت (هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی) مورد بررسی قراردادند. نقشه‌های عامل در محیط GIS با استفاده از نرم‌افزار ILWIS 3.0 رقومی و از نظر پخش سیلاب به چهار طبقه خیلی مناسب تا نامناسب کلاسه بندی شدند .سپس به لایه‌های اطلاعاتی با توجه به میزان اهمیت هر یک در مکان‌یابی وزن خاصی داده شد و با تلفیق لایه‌ها در قالب مدل‌های بولین[۳]، همپوشانی[۴] و فازی[۵] و مقایسه با محل پخش سیلاب نقشه مکان‌های مناسب در هر مدل به دست آمد.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی

منطقه مطالعاتی بین طول‌های جغرافیائی ' ۱۸ , ^{0}۴۵ تا ' ۳۲ , ^{0}۴۵شرقی و عرض‌های جغرافیائی'۲۰ , ^{0} ۳۸ تا '۲۴, ^{0}۳۸ شمالی در ۱۱۰ کیلومتری مرکز استان و در شمال دریاچه ارومیه قرار گرفته است. این منطقه شامل ده زیر حوضه بوده که مشرف به شهر تسوج و روستاهای انگشتجان و امستجان می‌باشد. منطقه مطالعاتی از شمال به خط‌الراس ارتفاعات میشوداغ، از شرق به کوه علمدار، از غرب به روستای امستجان و چهرگان و از جنوب به دشت حاشیه دریاچه ارومیه محدود می‌گردد. محدوده دشت مطالعاتی دارای مساحت ۲۳۶ کیلومترمربع بوده رودخانه‌های تسوج و امستجان و انگشتجان به عنوان رودخانه‌های اصلی در منطقه هستند. شکل۱ موقعیت منطقه و جدول ۱ خصوصیات فیزیوگرافی آبراهه‌ها را نشان می‌دهند. حداکثر ارتفاع منطقه ۳۱۰۰ متر در قله کوه علمدار و حداقل آن ۱۲۸۰ متر از سطح دریا در ناحیه دشت حاشیه دریاچه می‌باشد(شکل۳). از نظر آب و هوائی منطقه تحت تأثیر توده‌های هوای قطبی بری از شمال، توده هوای قطبی بحری از شمال غرب و توده هوای حاره بحری از جنوب می‌باشد. (۱)

[1] - East Garston
[2] - West Shefford
[3]- Boolean Logic
[4] - Index overlay maps
[5] - fuzzy logic



شکل۱ – هیدروگرافی و موقعیت منطقه مطالعاتی دشت تسوج در شمال غرب ایران

ژئومورفولوژیک منطقه

در یک نگاه کلی منطقه مورد مطالعه از سه واحد ژئومورفولوژیکی تشکیل یافته است، که شامل واحدهای کوهستان، دشت، جلگه می‌باشد، که شرح هر کدام از آن‌ها به اختصار در زیر آمده است(۴).

الف : واحد کوهستان

این واحد از ارتفاع ۱۶۰۰ متری در قسمت‌های بالای انگشتجان، امستجان همچنین در شرق منطقه در قسمت کوه علمدار تا ارتفاع ۲۳۸۲ متری کوه قاطراوچاق و کوه گوتواران با ارتفاع ۲۳۷۰ متر و کوه سیاه سر با ارتفاع ۲۴۵۵ متر و کوه علمدار با ارتفاع ۳۰۸۴ متر محدود می‌گردد این واحد شامل آبراهه‌های اصلی و فرعی و دارای یک سری قلل منفرد می‌باشد. واحد کوهستان ۴۰/۵۸ درصد وسعت منطقه مورد مطالعه را شامل می‌گردد که حدود ۶۲/۱ کیلومترمربع مساحت دارد

ب : واحد دشت

واحد دشت از ارتفاع ۱۶۰۰ متری که دامنه‌های پایین ارتفاعات شمالی را شامل می‌شود تا ارتفاع ۱۳۵۰ متری یعنی محدوده جاده آسفالته را شامل می‌گردد. وسعت این واحد بیش از ۳۰۰۰ هکتار را دربر می‌گیرد که حدود ۳۰ درصد

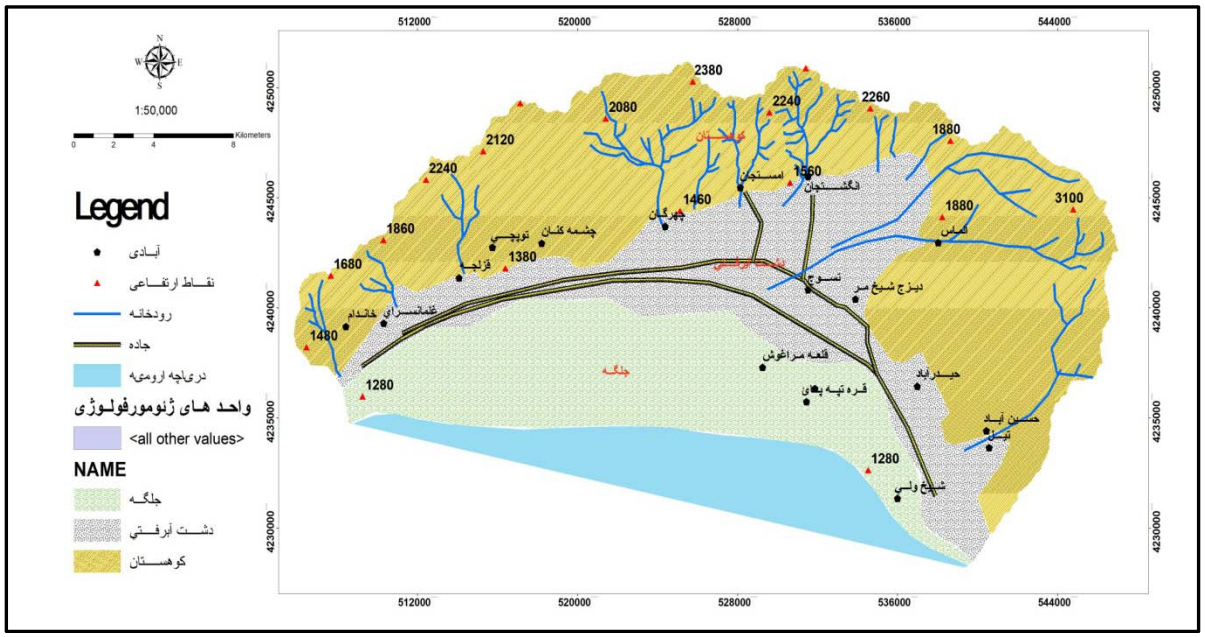
منطقه مطالعاتی است. این واحد شامل باغات، مراتع مناطق زراعی و در پایین‌دست مناطق مسکونی می‌باشد درشت‌دانه بودن رسوبات ، ضخامت زیاد آن‌ها که متوسط ۱۰۰ متر را شامل می‌گردد از خصوصیات این واحد می‌باشد قابلیت نفوذپذیری زیاد این واحد شرایط مناسبی را برای اجرای عملیات پخش سیلاب و تغذیه آب زیرزمینی فراهم آورده است.

ج : واحد جلگه

پست‌ترین ناحیه در محدوده مطالعاتی را قسمت جلگه تشکیل می‌دهد که ارتفاع پایین‌تر از ۱۳۵۰ متری را شامل می‌گردد.در این منطقه شیب از ۳ تا ۴ درصد تجاوز نمی‌کند و از ارتفاع ۱۳۰۰ متری به پایین به کمتر از یک درصد می‌رسد . در این واحد رسوبات سطحی دانه‌ریزتر بوده درعین‌حال دارای لایه آبدار بوده، اکثر چاه‌های دشت تسوج در این واحد قرار دارد. این واحد شامل بر باغات، مزارع و در پایین‌دست زمین‌های شوره‌زار می‌باشد چند روستا از جمله قراتپه، شیخ ولی و قلعه مراغوش در این قسمت قرار دارند.

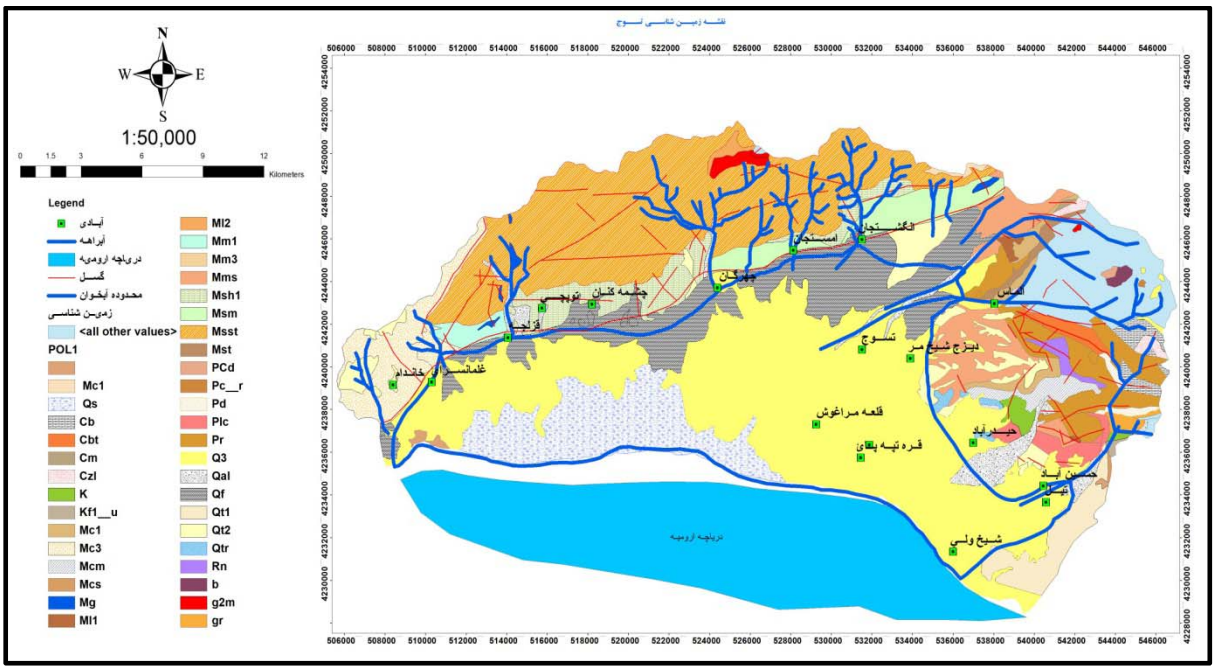
زمین‌شناسی

زمین‌شناسی سطحی منطقه مطالعاتی نشان می‌دهد که نهشته‌های مختلفی از دوران پرکامبرین تا عهد حاضر در منطقه برونزد دارند ولی بیشتر گسترش سازندها مربوط به دوره میوسن شامل سازندهای مارنی ، گچی ، و آهکی معادل سازند قم و ماسه‌سنگی قرمز رنگ معادل U.R.F[1] می‌باشد. سازندکهر از پرکامبرین با لیتولوژی شیل ، شیل ماسه‌ای و ماسه‌سنگ برونزد دارد که دگرگونی را متحمل گردیده است ، پس از آن سازند باروت با لیتولوژی ماسه‌ای دانه ریز میکادار به همراه لایه‌های دولومیت و آهک در داخل دره کوه علمدار ، شمال‌شرق محدوده مطالعاتی و در زیر سازندهای ماسه‌ای زاگون ، لالون برونزد دارد این سازندها ازکامبرین زیرین تا کامبرین میانی – فوقانی نهشته شده‌اند لایه کلیدی تاپ کوارتزیت به ضخامت ۵ متر در بالای رسوبات ماسه‌سنگی قرار گرفته است. سازند میلا در منطقه برونزد کامل نداشته و فقط بخش دولومیت قهوه‌ای برونزد دارد ، آهک روته پرمین با رنگ خاکستری تیره آخرین سازند از سازندهای دوران پالئوزوئیک است. نهشته‌های کواترنر شامل تراس های آبرفتی قدیمی ، دشت‌های آبرفتی ، مخروط افکنه ها و آبرفت‌های عهد حاضر است(شکل ۳).



شکل۲ – نقشه واحدهای ژئومورفولوژی منطقه مطالعاتی

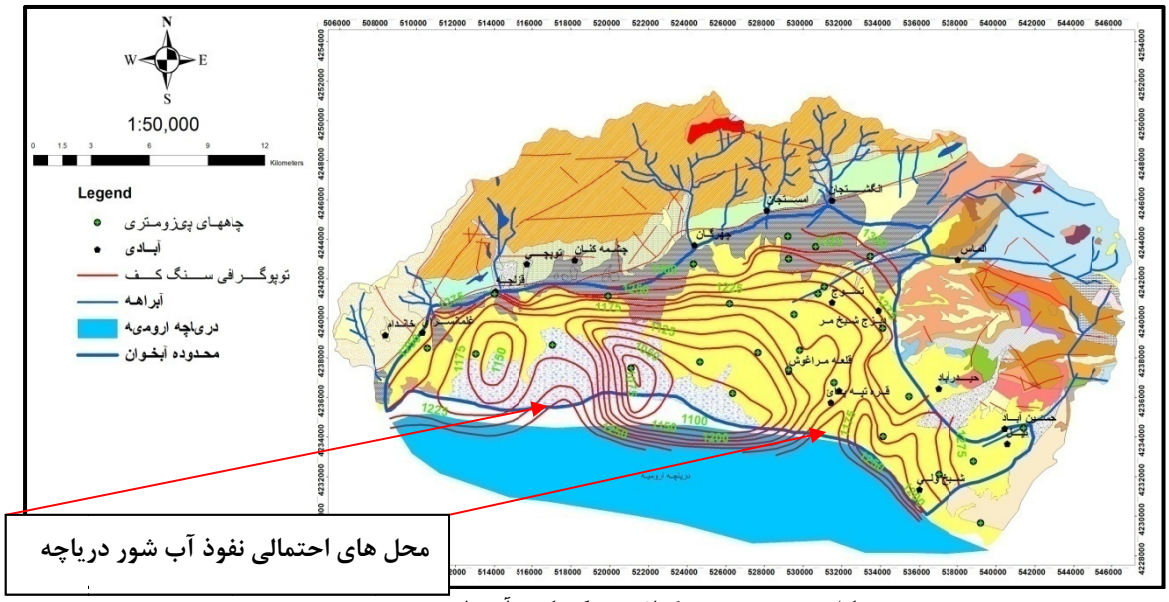
[1]-Upper Red Formation



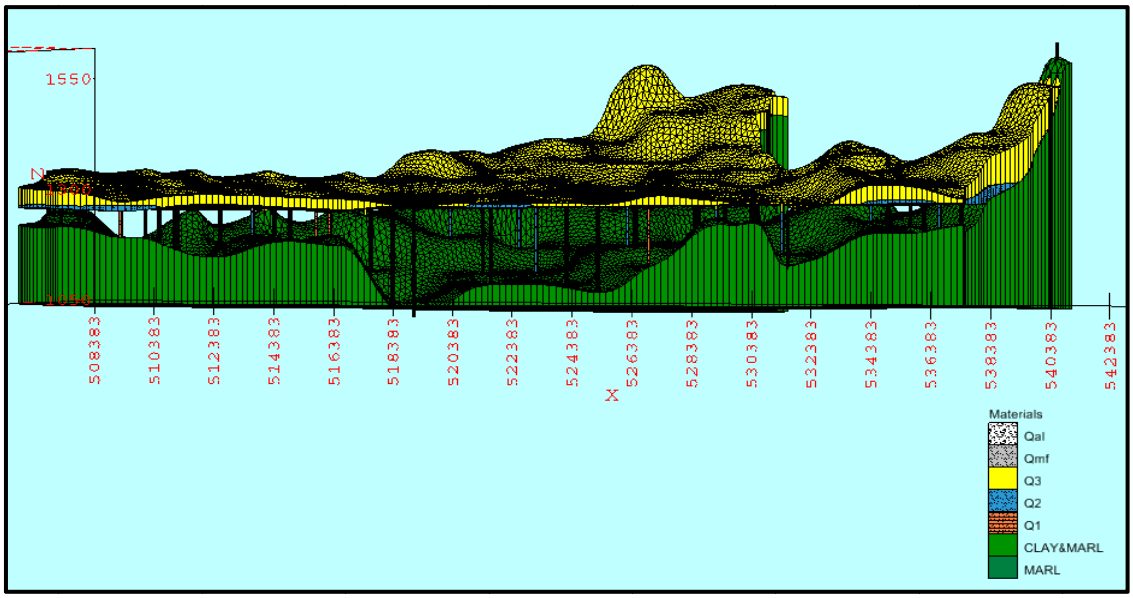
شکل۳ – نقشه زمین‌شناسی محدوده مطالعاتی(اقتباس از نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ تسوج)

ژئومورفولوژی سنگ کف و نقش آن در بحران سفره آب شیرین

بررسی نقشه هم عمق سنگ کف در دشت آبرفتی نشان می‌دهد بیش‌ترین ارتفاع مربوط به نواحی شمال شرقی دشت آبرفتی بوده و شیب آن به سمت جنوبی و دریاچه است همچنین خطوط هم تراز توپوگرافی ضمن نمایان ساختن دو فرونشست در ناحیه غربی، احتمال نفوذ آب شور دریاچه را از دو مسیر در اراضی توپچی و مناطق پایین‌دست قراتپه– قلعه مراغوش مشخص می‌سازد در بررسی‌های کیفی آب چاه‌های بهره‌برداری نیز این موضوع مورد تأیید قرار می‌گیرد(۳). شکل ۴ نقشه هم عمق سنگ کف و ۵شکل مدل ژئومرفولوژی سنگ کف تهیه‌شده در gms MODFLOW را نشان می‌دهند.



شکل ۴ – نقشه توپوگرافی سنگ کف آبخوان دشت تسوج



شکل ۵ – بلوک دیاگرام سنگ کف آبخوان دشت تسوج همراه با چاه‌های پیزومتری

ضخامت نهشته‌های کواترنری

برای تعیین محدوده این نهشته‌ها از تصویر ماهواره‌ای TM ، مطالعات ژئوفیزیکی به روش ژئوالکتریک(که در طی عملیات تحقیقاتی نگارنده صورت پذیرفته است) و لوگ چاه‌های حفاری استفاده شده است. بر این اساس محدوده وسعت نهشته‌های کواترنری شمال دریاچه به بیش از ۲۳۶ کیلومترمربع می‌رسد. این محدوده دشت‌های آبرفتی رودخانه‌های الماس، تسوج، انگشتجان، امستجان و چهرگان را شامل می‌گردد. و در نهایت همگی در پایین‌دست به دریاچه ارومیه می‌ریزند. مطالعات ژئوفیزیکی نشان می‌دهد که ضخامت رسوبات آبرفتی در محدوده مطالعاتی تا ۱۵۰ متر می‌رسد و حداقل مقدار آن در قسمت شمال شرق نواحی منتهی به کوه می‌باشد. ضخامت رسوبات آبرفتی به طور متوسط در منطقه بیش از ۷۰ متر می‌رسد(شکل ۶).

اگر نقشه توپوگرافی سنگ کف را با نقشه هم ضخامت آبرفت خشک که با متد کریجینگ[1] شکل ۶ مقایسه نماییم مشاهده می‌شود که مناطق شمال شرقی دارای بیشترین ضخامت آبرفت خشک نیز هستند به عبارت دیگر میزان فعالیت و کندوکاو رودخانه تسوج بیشتر از رودخانه‌های دیگر منطقه بوده و به همین علت انباشت رسوبی در قسمت‌های مختلف رود هم در ناحیه مخروط افکنه و هم دشت آبرفتی بیشتر از مناطق دیگر بوده است

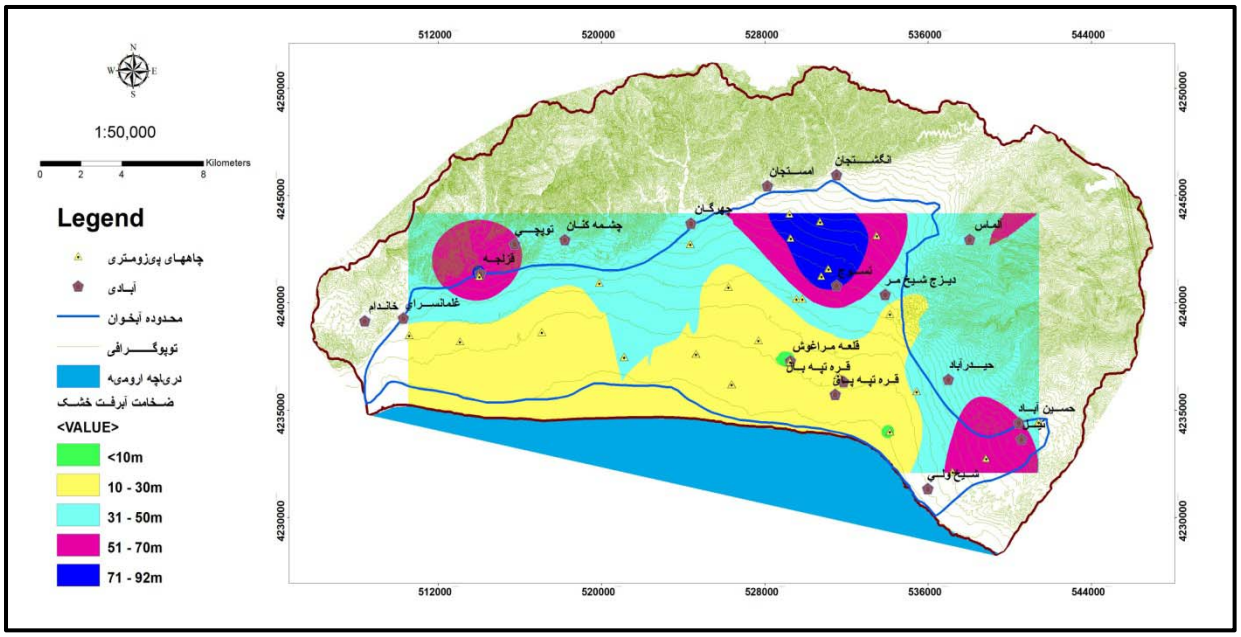
بر اساس مقاطع ژئوالکتریک ۵ کلاس چینه‌ای برای نهشته‌های کواترنری در دشت تسوج با توجه به مقاومت ویژه الکتریکی غالب (اهم متر) و تجزیه و تحلیل سونداژهای نمونه۲ تفکیک گردید و شامل رسوبات آبرفتی Qal، رسوبات خشک Q3، رسوبات آبرفتی دانه متوسط (احتمالاً حاوی آب) Q2، رسوبات آبرفتی ریزدانه (احتمالاً حاوی آب) Q1و رس Qmf هستند. در شکل ۷ پروفیل طولی نهشته‌ها از ابتدای دشت تا حاشیه دریاچه ارومیه آمده است. در قسمت دشت سر و نواحی مخروط افکنه ای ضخامت قابل‌توجه از نهشته‌های دانه درشت فاقد لایه آبدار(Q3) وجود داشته و به سمت دریاچه دانه‌بندی رسوبات ریزدانه شده و حاوی لایه آبدار هستند(Q2).(۵)

از موارد دیگر انباشت رسوبی در این ناحیه وجود گسل دفنی می‌باشد که در تحقیقات ژئوالکتریکی ظاهر گردیده است(شکل ۷). در نواحی میانی دشت ضخامت ۱۵۰ متری نهشته‌ها مشاهده می‌گردد. همچنین در شکل ۳ ضخامت نهشته‌ها درگستره دشت آبرفتی با استفاده از لوگ حفاری چاه‌های پیزومتری نشان داده شده است. همچنان که در نمودار این شکل آمده است کمترین ضخامت‌های آبرفتی سفره زیرزمینی مربوط به پیزومتر های تیل شمال روستا در نواحی دشت سر و اراضی چهرگان در جلگه حاشیه‌ای دریاچه است. بیشترین عمق مربوط به حاشیه رودخانه تسوج در محدوده شهر تسوج قرار دارد.

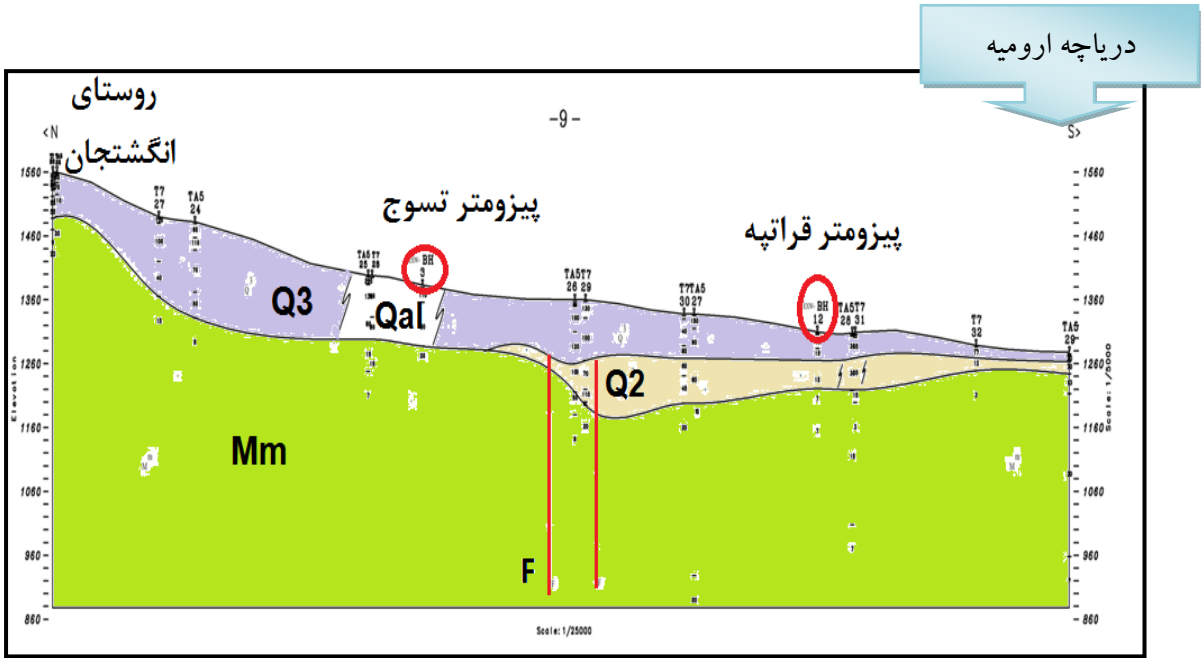
همچنین بررسی لوگ چاه‌های حفاری نشان‌دهنده عمق زیاد آبرفت در منطقه بوده و تأیید کننده نتایج مطالعات ژئوفیزیکی است به طوری که چاه پیزومتریک حفاری‌شده در پایین‌دست روستای امستجان و نواحی بالادست دشت آبرفتی عمق بیش از ۱۱۵ متر را نشان می‌دهد. شکل ۸ لوگ زمین‌شناسی این چاه را به همراه لوگ لوله‌گذاری و ستون چینه شناسی تحت‌الارضی نشان می‌دهد. چنان که در این شکل مشاهده می‌گردد سنگ کف نهشته‌های کواترنری منطقه را مارن های مربوط به سازند های مارنی میوسن که اغلب نواحی کوهستانی را در شمال دشت پوشانده است تشکیل داده و این خود موید تأثیر فرآیندهای پریگلاسیری زمان کواترنری در تولید ، انتقال و رسوب نهشته‌ها دارد.

[1]-kriging

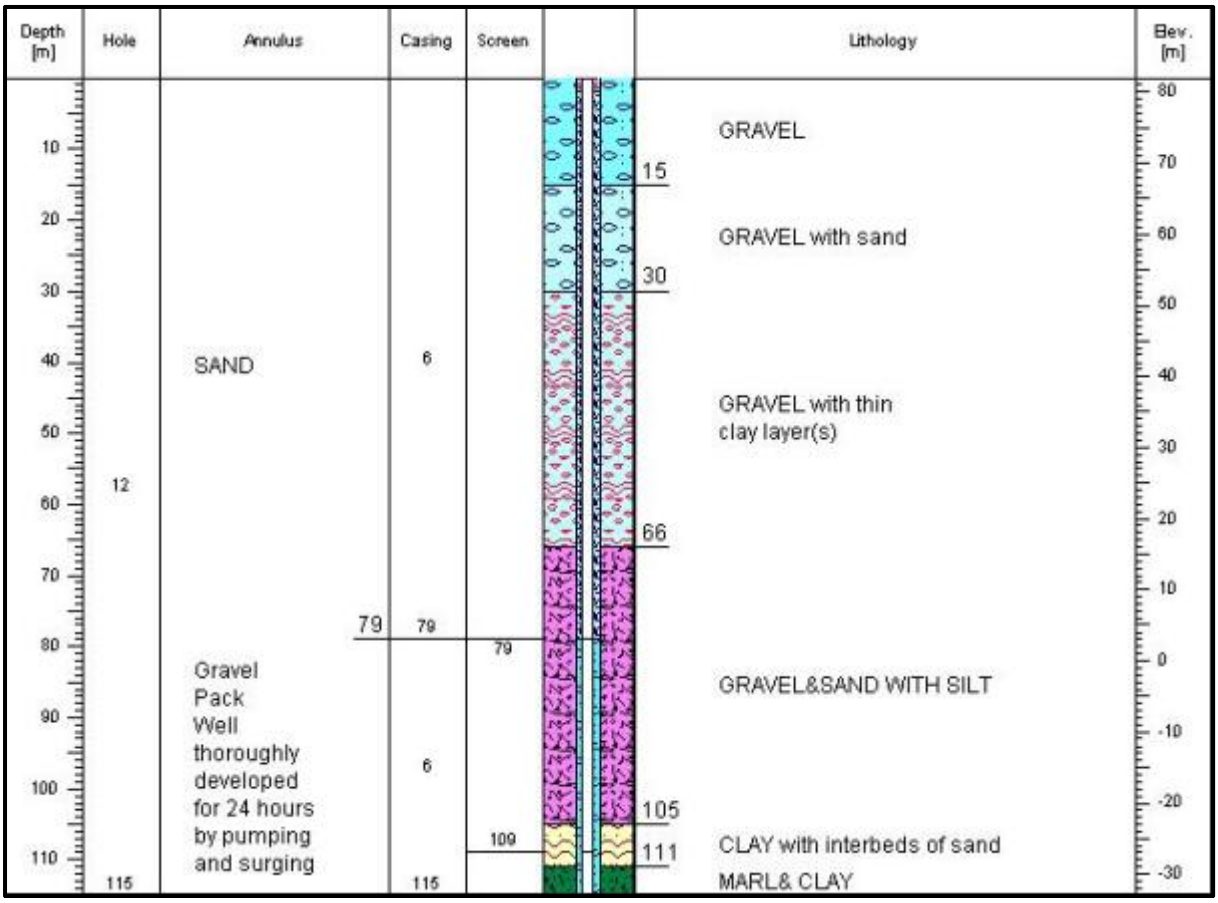
[۲]- سونداژ هایی که در کنار چاههای پیزومتر قرار داشته و نتایج مقاطع با لوگ چاه کالیبره می‌گردد



شکل۶ – نقشه هم ضخامت آبرفت خشک دشت تسوج



شکل۷ – پروفیل طولی نهشته‌های کواترنری از ابتدای دشت تا حاشیه دریاچه ارومیه



شکل ۸ – لوگ حفاری و زمین‌شناسی چاه پیزومتری امستجان در شمال دشت آبرفتی

منابع آبی منطقه مطالعاتی

در دشت تسوج چشمه‌ها و قنوات زیادی وجود دارد که باعث استخراج بی‌رویه آب‌های زیرزمینی می‌گردند. بر اساس آمار سال ۱۳۹۱ سازمان آب منطقه‌ای استان از مجموع ۵۱ رشته قنات دایر ، ۲۷ دهنه چشمه دائمی و فصلی ۱۳۴ حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق فعال میزان ۲۴/۱۹ میلیون متر مکعب سالانه متوسط تخلیه آب از سفره‌های زیرزمینی صورت می‌گیرد. در شکل ۱ نقشه منابع آبی منطقه آمده است. بیلان آبی دشت تسوج نشان می‌دهد از نزولات آسمانی در قسمت دشت‌ها و ارتفاعات ۲۱/۸۳ میلیون متر مکعب از مجموع بارش، ورودی آب زیرزمینی ، آب برگشتی کشاورزی و سایر به داخل آبخوان تغذیه می‌گردد اگر با میزان تخلیه از چاه‌ها ، قنوات و چشمه‌ها مقایسه کنیم برای سفره‌های زیرزمینی در حدود ۲/۷– میلیون متر مکعب کمبود ذخیره داریم. (مهندسین مشاوریکم ۱۳۸۵)

مشخصات هیدرودینامیکی آبخوان

به منظور بررسی خواص هیدرودینامیکی آبخوان نیاز به برآورد ضرایب هیدرودینامیکی شامل ضریب نفوذپذیری یا هدایت هیدرولیکی (k)[۱] ، ضریب قابلیت انتقال(T)[۲] و ضریب ذخیره (S)[۳] در مورد آبخوان تحت فشار یا آبدهی ویژه[۴] (sy) (در

۱- Hydraulic Conductivity

۲ - Transmissivity

۳ - Storage Coefficient

۴ - specific yield

مورد آبخوان آزاد) می‌باشد این ضرایب نشان می‌دهند که آب در محیط‌های متخلخل با چه سرعتی واردشده در خلال منافذ حرکت کرده و از آن‌ها خارج می‌گردد همچنین نحوه تغییرات سطح ایستابی و یا سطح پیزومتریک را مشخص می‌نماید

۱- ضریب نفوذپذیری یا هدایت هیدرولیکی

این ضریب معیاری است که سهولت عبور یک سیال را از محیط متخلخل نشان می‌دهد و به عواملی مانند تخلخل، اندازه و توزیع ذرات، نحوه قرارگیری ذرات، خصوصیات سیال عبوری و... بستگی دارد. این پارامتر دارای دیمانسیون(بعد) طول بر زمان(L/T) است و معمولاً" بر حسب متر بر روز بیان می‌شود. برای اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی از روش‌های مختلف شامل روابط تجربی، آزمایشگاهی و صحرایی استفاده می‌شود. انجام آزمایش پمپاژ چاه یکی از روش‌های صحرایی است که نتایج آن قابل‌اعتماد می‌باشد.

با توجه به انجام مطالعات ژئوفیزیکی انجام‌شده و ترسیم نقشه‌های هم مقاومت ویژه ظاهری می‌توان در مورد تغییرات نفوذپذیری اظهارنظر نمود بر این اساس نفوذپذیری کلی منطقه مورد مطالعه نسبتاً بالا ارزیابی می‌گردد. بیشترین مقدار نفوذپذیری مربوط به قسمت غربی منطقه می‌باشد. که دارای بیشترین مقدار مقاومت ویژه است همچنین حاشیه رودخانه تسوج دارای نفوذپذیری زیاد بوده و نفوذپذیری لایه‌های سطحی نسبت به بقیه قسمت‌ها کمتر است.

همچنین بر اساس روش صحرایی استوانه مضاعف ، مقدار نفوذپذیری پایه برابر ۲/۵ سانتیمتر بر ساعت (معادل ۰/۶ متر بر روز) اندازه‌گیری شده است که این مقدار از نظر طبقه‌بندی، در حد نفوذپذیری خیلی سریع قرار می‌گیرد. در این روش، در مراحل نهایی که سرعت نفوذ به حالت ثابت می‌رسد، می‌توان گفت که محیط خاک زیر استوانه‌ها به حالت اشباع رسیده و لذا سرعت نفوذ را می‌توان معادل هدایت هیدرولیکی عمودی در نظر گرفت. بررسی دانه‌بندی نمونه‌های لوگ‌های چاه‌های پیزومتری و اکتشافی حفرشده نشان داد که منطقه از نظر زمین‌شناسی تحت‌الارضی از نفوذپذیری خوبی برخوردار است.

۲- ضریب قابلیت انتقال

این ضریب قابلیت عبور آب در تمام ضخامت لایه آبدار نشان می‌دهد و مقدار آن از حاصل‌ضرب هدایت الکتریکی در ضخامت لایه آبدار (b) به دست می‌آید . دیمانسیون این پارامتر به صورت ($L2/T$) بوده و معمولاً بر حسب مترمربع برروز بیان می‌گردد.

به منظور تعیین مقدار T در نقاط مختلف آبخوان از نتایج آزمایشات پمپاژ چاه‌های اکتشافی بهره‌برداری و نیز بافت خاک مشخص‌شده در لاگ حفاری چاه‌های منطقه استفاده شده است .بر اساس بررسی انجام‌شده با توجه به این که مقادیر ضخامت و نفوذپذیری رسوبات در قسمت‌های مختلف آبخوان متغیر است لذا مقدار قابلیت انتقال نیز در نقاط مختلف آبخوان متغیر می‌باشد خواص هیدرولیکی سفره بر اساس آزمایش پمپاژ از چاه اکتشافی نشان می‌دهد که قابلیت نفوذپذیری در محدوده دشت ۹۱/۳۵ مترمربع بر روز است ، همچنین بر اساس متد ژئوالکتریک میزان قابلیت نفوذپذیری برابر ۹۷ مترمربع بر روز محاسبه شد.

۳- آبدهی ویژه

اصولاً ضریب ذخیره در آبخوان آزاد به صورت آبدهی ویژه بیان می‌شود و طبق تعریف عبارت است از حجم آبی که یک آبخوان آزاد بر اساس نیروی ثقل می‌تواند از خود آزاد کند تا در واحد سطح آن به اندازه واحد کاهش ارتفاع آب به وجود آید این ضریب بدون دیماسیون می‌باشد و معمولاً آن را به صورت درصد نیز بیان می‌کنند و مقدار ان به عواملی از قبیل اندازه ذرات، شکل و توزیع حفرات ، تراکم لایه ، وضعیت درز و شکاف‌ها و زمان زهکشی بستگی دارد.

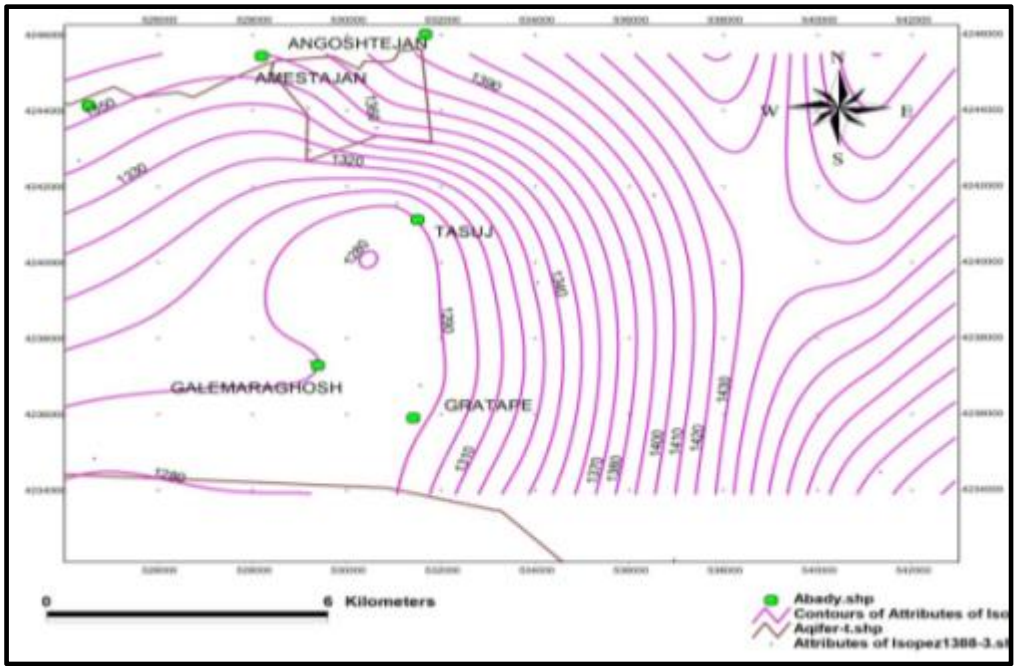
نقشه‌های ژئوفیزیکی منطقه ، لوگ های چاه‌های پیزومتری و اکتشافی نشان می‌دهد که منطقه دارای استعدادهای قابل‌ملاحظه‌ای برای عملیات تغذیه مصنوعی بوده ، عمق آبرفت را ۱۰۰ تا ۱۵۰ متر نشان می‌دهند. سفره زیرزمینی دشت تسوج از نوع آزاد می‌باشد. در مناطق بالادست شهر تسوج ما بین روستاهای الماس . انگشتجان و امستجان می‌توان عملیات‌های مهار و پخش سیلاب . تغذیه آبخوان انجام داد. بر اساس نقشه هم مقاومت ویژه عرضی تهیه‌شده برای لایه آبدار ، آبدهی این لایه در قسمت‌های مختلف متفاوت است. مقدار مقاومت ویژه عرضی در قسمت‌های مختلف بین ۲۰۰۰ تا ۹۰۰۰ اهم مترمربع تغییر می‌کند. در حالت کلی قسمت غربی منطقه مورد مطالعه دارای مقاومت ویژه عرضی بالاتر و در نتیجه آبدهی بیشتری هستند. در یک تقسیم‌بندی کلی آبدهی لایه آبدار را بر حسب مقدار مقاومت ویژه عرضی می‌توان به صورت جدول ۲ تقسیم‌بندی کرد.

جدول ۲ – آبدهی بر اساس مقاومت ویژه عرضی لایه آبدار

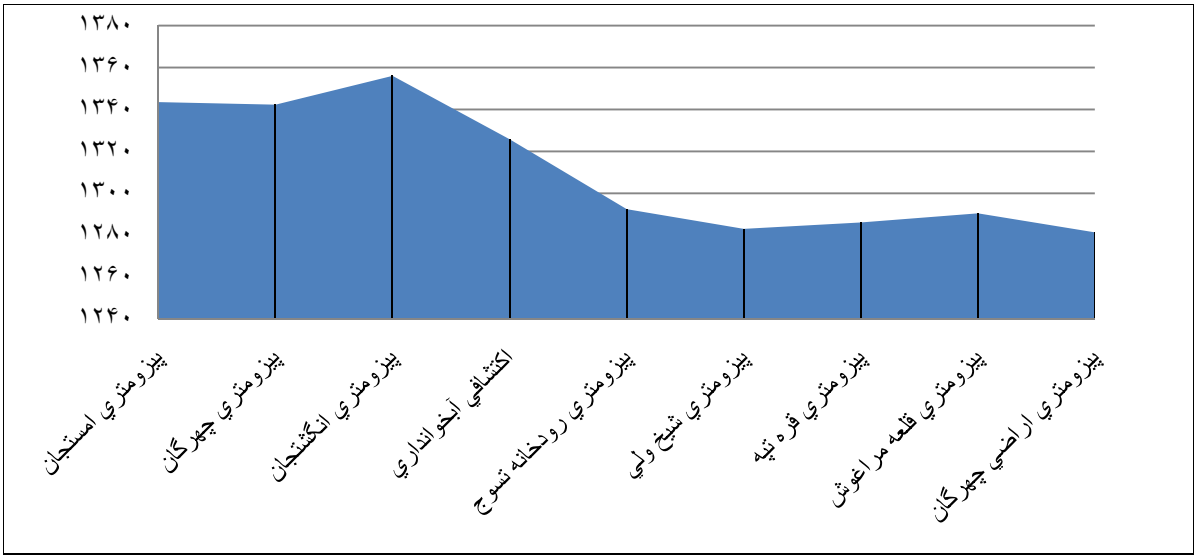
مقاومت ویژه عرضی	آبدهی
بالاتر از ۷۰۰۰	بسیار خوب
۷۰۰۰–۵۰۰۰	خوب
۵۰۰۰–۳۰۰۰	متوسط
کمتر از ۳۰۰۰	ضعیف

٤- روند جریان آب زیرزمینی

جهت بررسی روند جریانات آب زیرزمینی از ۹ حلقه چاه پیزومتریک که در نواحی مختلف دشت آبرفتی گسترده شده‌اند استفاده گردید برای به دست آوردن ارتفاع مطلق سطوح آب در منطقه ارتفاع نقاط نشانه چاه‌ها در سطح زمین را اندازه‌گیری نموده و با احتساب عمق آب زیرزمینی اقدام به تهیه ارتفاع ایزوپیز گردید در نهایت نقشه ایزوپیز دشت آبرفتی تهیه شد که در شکل ۱۰ آمده است. نتایج نشان می‌دهد جریان آب زیرزمینی از شمال شرق دشت آبرفتی به سمت جنوب غرب و جنوب بوده است. همچنین در شکل ۱۱ ملاحظه می‌شود بیشترین ارتفاع پیزومتریک به چاه‌های پیزومتری انگشتجان و امستجان و چهرگان تعلق داشته و کمترین ارتفاع مربوط به قلعه مراغوش و قراتپه می‌باشد ، که نشان‌دهنده جهت جریان آب زیرزمینی به سمت دریاچه ارومیه است . جهت جریان به سمت جنوب و جنوب غرب بوده و در جنوب غرب منطقه در صورت عدم امکان طرح‌های تغذیه‌ای مشکلات جریان معکوس امکان‌پذیر است.



شکل ۱۰ – نقشه ایزوپیز آب‌های زیرزمینی منطقه پخش سیلاب تسوج خرداد ۱۳۸۸



شکل ۱۱ –سطح پیزومتریک آب زیرزمینی دشت آبرفتی از ناحیه مخروط افکنه به سمت دریاچه

- بحث و نتیجه‌گیری

منشأ نهشته‌های کواترنری از سازند های زمین‌شناسی واحد کوهستان بوده و تأثیر فرآیندهای سیستم پریگلاسیری زمان کواترنری در تولید ، انتقال و ته نشت این رسوبات مهم بوده است.

مطالعات ژئوفیزیکی نشان می‌دهد که ضخامت رسوبات آبرفتی در محدوده مطالعاتی تا ۱۵۰ متر می‌رسد و حداقل مقدار آن در قسمت نواحی منتهی به کوه و حاشیه دریاچه می‌باشد.

سنگ کف نهشته‌های کواترنری منطقه را مارن های مربوط به سازند های مارنی میوسن که اغلب نواحی کوهستانی را در شمال دشت پوشانده است تشکیل داده است.

با توجه به مطالعات ژئوفیزیکی و ترسیم نقشه‌های هم مقاومت ویژه ظاهری بیشترین مقدار نفوذپذیری مربوط به قسمت غربی منطقه می‌باشد. همچنین حاشیه رودخانه تسوج شمال شرق دشت آبرفتی دارای نفوذپذیری زیاد بوده و نفوذپذیری لایه‌های سطحی نسبت به بقیه قسمت‌ها کمتر است.

بررسی‌ها ۵ کلاس از نهشته‌ها ی کواترنری (Q1,Q2,Q3,Qal,Qmf) را نشان داد.

توپوگرافی سنگ کف نمایانگر نفوذ آب شور در دو ناحیه از دشت است.

خواص هیدرولیکی سفره بر اساس آزمایش پمپاژ از چاه اکتشافی نشان می‌دهد که قابلیت نفوذپذیری در محدوده دشت ۹۱/۳۵ مترمربع بر روز است ، همچنین بر اساس متد ژئوالکتریک میزان قابلیت نفوذپذیری برابر ۹۷ مترمربع بر روز محاسبه شد.

بیلان آبی دشت تسوج برای سفره‌های زیرزمینی در حدود ۲/۷- میلیون متر مکعب کمبود ذخیره را نشان می‌دهد.

بر اساس نقشه هم مقاومت ویژه عرضی تهیه‌شده برای لایه آبدار ، آبدهی این لایه در قسمت‌های مختلف متفاوت است. مقدار مقاومت ویژه عرضی در قسمت‌های مختلف بین ۲۰۰۰ تا ۹۰۰۰ اهم مترمربع تغییر می‌کند. در حالت کلی قسمت غربی منطقه مورد مطالعه دارای مقاومت ویژه عرضی بالاتر و در نتیجه آبدهی بیشتری هستند.

بیشترین ارتفاع پیزومتریک مربوط به چاه‌های پیزومتری انگشتجان و امستجان و چهرگان در مناطق بالادست دشت آبرفتی است.

کمترین ارتفاع پیزومتریک مربوط به قلعه مراغوش و قراتپه در حاشیه دریاچه ارومیه می‌باشد

منابع و مأخذ

حبیب زاده، ا .(۱۳۸۲) . **بررسی فرسایش پذیری حوضه‌های آبریز شمال تسوج بر اساس GIS و تئوری فازی** ، پایان‌نامه کارشناسی ارشد ، دانشگاه آزاد اسلامی تهران شمال.

حبیب زاده، ا. (۱۳۹۲). **بررسی تغییرات کمی سفره‌های آب زیرزمینی متأثر از پخش سیلاب**، طرح تحقیقاتی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور.

حبیب زاده،ا . (۱۳۸۴). **بررسی تأثیر تغذیه مصنوعی و آبخوانداری بر سفره زیرزمینی دشت تسوج**، دومین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب،دانشگاه باهنر کرمان.

رضایی مقدم، م.(۱۳۷۴). **پژوهش در تشکیل کوهپایه‌ها و دشت‌های انباشتی دامنه جنوبی میشوداغ**، پایان‌نامه دکتری تخصصی جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز.

سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی. (۱۳۹۰). **مطالعات ژئوفیزیک دشت‌های تبریز،تسوج،شبستر و هادی شهر**، مهندسین مشاور صحرا کاو

سازمان حفاظت محیطزیست ،(۱۳۹۰)، **برنامه مدیریت جامع دریاچه ارومیه**، مدیریت ملی طرح حفاظت از تالاب‌های ایران، ۱۸۰ .

سلطانی، م.(۱۳۸۱).**ارزیابی اراضی به منظور مکان‌یابی عرصه‌های مستعد اجرای عملیات پخش سیلاب در محیط GIS**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.

شرکت آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی و اردبیل.(۱۳۸۰). **مطالعات نیمه تفضیلی منابع آب زیرزمینی و مدل ریاضی آن با استفاده ازGIS دشت تسوج**.۲۷۰.

عبدی ، پ . جعفر ، غ.(۱۳۷۹) ، **تعین محل‌های مناسب برای پخش سیلاب در دشت زنجان با استفاده از داده‌های ژئوفیزیکی وGIS** ، مجموعه مقالات همایش سراسری دست آوردهای طرح آبخوان داری، ارومیه

علیزاده،ا ،(۱۳۸۲)، **اصول هیدرولوژی کاربردی** ، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، چاپ شانزدهم ،۴۰۰.

غیومیان. ج ،(۱۳۸۴)، **امکان‌سنجی استفاده از تصاویر ماهواره‌ای Aster برای تفکیک و طبقه‌بندی نهشته‌های کواترنری در منطقه سهه, اصفهان**، مجموعه مقالات چهارمین همایش زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، دانشگاه تربیت مدرس تهران

قرمز چشمه ، ب. (۱۳۷۹). **تعیین شاخص‌های مورد نیاز در مکان‌یابی پخش سیلاب ـ مطالعه موردی دشت میمه اصفهان** ، دومین همایش سراسری دست آوردهای طرح آبخوان داری.

مهدوی ، م،(۱۳۷۱)، **هیدرولوژی کاربردی**، انتشارات دانشگاه تهران ، ۳۰۰.

مهندسین مشاور یکم،(۱۳۸۵)، مطالعات آب‌های زیرزمینی دشت تسوج

Ahmed.s.H and D.Marsily(1987)**comparison of geostatistical method for estimating transmissivity using data on transmissvity and specific capacity**, water Resource Research ,23(9) : 1717-1737

A. Mehl , A. Blasi and M. Zárate(2012) **Composition and provenance of Late Pleistocene–Holocene alluvial sediments of the eastern Andean piedmont between 33 and 34° S (Mendoza Province, Argentina)**,Sedimentary Geology journal, Accepted 23 May 2012

F.I. Khalaf, I.M. Gharib and A.S. Al Kadi(1981) **Sources and genesis of the Pleistocene gravelly deposits in Northern Kuwait**, Sedimentary Geology journal, Accepted 21 May 1981

- Herman Bouwer (2001) **Artificial recharge of groundwater**: hydrogeology and engineering- Hydrogeology journal (2002)10:121-142

Tood.D, 1980. **GROUNDWATER HYDROLOGY**, Printed in the United states of America