بررسی علل فرونشست دشت اردبیل و اثرات آن در محدوده شهر

موسی عابدینی*
استادیار گروه جغرافیای طبیعی(ژئومورفولوژی)، دانشگاه محقق اردبیلی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۰/۵/۲۰ پذیرش نهایی: ۱۳۹۱/۳/۲۳

چکیده

وسعت کنونی شهر اردبیل بیش از ۲۳۹۸ کیلومتر مربع و جمعیت آن ۵۰۴۹۴٦ نفر می‌باشد. روند افزایش جمعیت و کاربری شهری از سال ۱۳۷۲ به بعد به دلیل خشکسالی ۱۳۷۲ الی ۱۳۸۷، مهاجرت شدید عشایر به شهر و نیز به علت مرکز استان شدن اردبیل، تشدید شد. سرانه مصرف آب در کشورهای در حال توسعه و کم آب بین ۱۵۰ تا ۲۰۰ لیتر در روز است و مصرف سرانه مناطق شهرهای متوسط سرد سیری همچون اردبیل ۲۰۰ لیتر برآورد شده است. مصرف سرانه آب مردم در شهر در هر روز ۱۰۰۹۸۹۲۰ لیتر و مصرف سالانه حدود ۳۹۸٦۱۰۵۸۰ لیتر (۳٦۸٦۱۰/۵۸ متر مکعب) بر آورد شد. مجموع نیاز آبی در دشت اردبیل در بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت در حال حاضر معادل ۵۸۸ میلیون متر مکعب می‌باشد. در همین زمینه مجموع پتانسیل آبی در دشت مشتمل بر آب سطحی و زیر زمینی معادل ۲۵٦ میلیون مترمکعب می‌باشد. آخیراً کل میزان کمبود آب دشت اردبیل معادل ۳٤۷ میلیون مترمکعب می‌باشد و مهمترین علل فرونشست دشت اردبیل تغییرات اقلیمی، برداشت بی رویه آبهای زیر زمینی در ارتباط با افزایش سریع جمعیت و بخش توسعه شدید صنعت و عوامل تکتونیکی به ترتیب در فرونشست دشت اردبیل نقش دارند که آثار زیان‌بار بر ساخت و سازهای شهری خواهد داشت.

واژه گان کلیدی: دشت اردبیل، فرونشت، تغییرات اقلیمی، آبهای زیرزمینی، شهر اردبیل.

مقدمه

با توسعه تکنیک‌های کاربری زمین و تراکم انسانی به دلیل فشار زیاد بر زمین، تعادل طبیعی آب و خاک و شرایط هیدرژوئومورفولوژی مناطق متحول می‌شود. مناطق شهری به دلیل تراکم بالای جمعیت، ساخت و سازها و خطوط

* نویسنده مسئول: ۰۹۱۴۳۵۵۵۲۲۶
E-mail: Musaabedini@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

ارتباطی مهم در اثر فرونشست بسیار آسیب پذیرتر می‌باشند. فرونشست می‌تواند به تخریب سیستم‌های آبیاری و خاک‌های حاصل‌خیز کشاورزی منجر شوند. پدیده نشست زمین[1] به شکل‌های، شکاف و فروچاله و نشست منطقه‌ای نمایان می‌شود. آسیب به چاه‌ها در منطقه‌های فرونشست روستایی و شهری به طور کامل متداول بوده، موجب خرابی چاه‌ها می‌شود. به علاوه فرونشست می‌تواند به خیابان‌ها، پل‌ها و بزرگراه‌ها آسیب زده، خطوط آب‌رسانی، گاز و فاضلاب را مختل کرده، به پی ساختمان‌ها آسیب رسانده، موجب ترک برداشتگی پی سازه‌ها، کج شدکی دیوارها و تیرهای انتقال برق و غیره شود. در استان اردبیل محدودیت منابع آب به چالش اساسی در عرصه‌های اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی تبدیل شده است(عمرانی، رستمی و فاطمی ۱۳۸۸). در مورد علل فرونشست مناطق چاه‌های منفرد محققینی نظیر توفاق و مرسی[2]، ۲۰۰۲. همچنین کار پژوهشی ارزنده‌ای دیگری در مورد علل فرونشست مجموعه چاه‌ها (توفاق و مرسی،[3] ۲۰۰۳انجام داده‌اند. افزایش فزاینده سطوح آسفالت بجای زمین‌های زراعی و اراضی نفوذ پذیر دشت با کمپلکسی از پاره سنگ، قلوه، سنگ، گراول، شن، ماسه، رس و سیلت موجب کاهش میزان ذخایر سفره‌های زیر زمینی در دشت اردبیل می‌شود که فرو نشست را تشدید می‌کند. دشت اردبیل، دشت هموار و حاصل‌خیزی است که در مرکز استان و در میان کوه‌های سبلان، بزغوش و تالش قرار گرفته است. از لحاظ ژئومورفولوژی، به صورت یک گرابن(چاله فرو افتاده بین گسل‌ها) است که در دوران سوم زمین شناسی بوجود آمده است(رزمجوئی، ۱۳۸۷ به نقل از خیام). افزایش جمعیت شهر اردبیل و حومه آن در دشت اردبیل، دارا بودن خاک‌های مستعد زراعی منجر به استفاده بیش از حد از اراضی کشاورزی و آبهای زیر زمینی شده است. سطح زمین در حال حاضر به طور متوسط در مناطق کرمان، زرند، رفسنجان و سیرجان با سرعت حدود ۱۰ سانتی‌متر در سال نشست می‌کند(ستاری و کاظم مقدم، ۱۳۸۸). فرونشست دشت اردبیل علل متفاوتی می‌تواند داشته باشد که در در برنامه ریزی محیطی (به ویژه در محدوده شهر) یک تنگنا و محدویت اساسی در آینده تلقی می‌شود که به اجمال در طول روند پژوهش پیش رو به اجمال به آنها پرداخته‌ایم.

- داده‌ها و روش‌ها

- روش کار و ویژگی‌های طبیعی دشت اردبیل

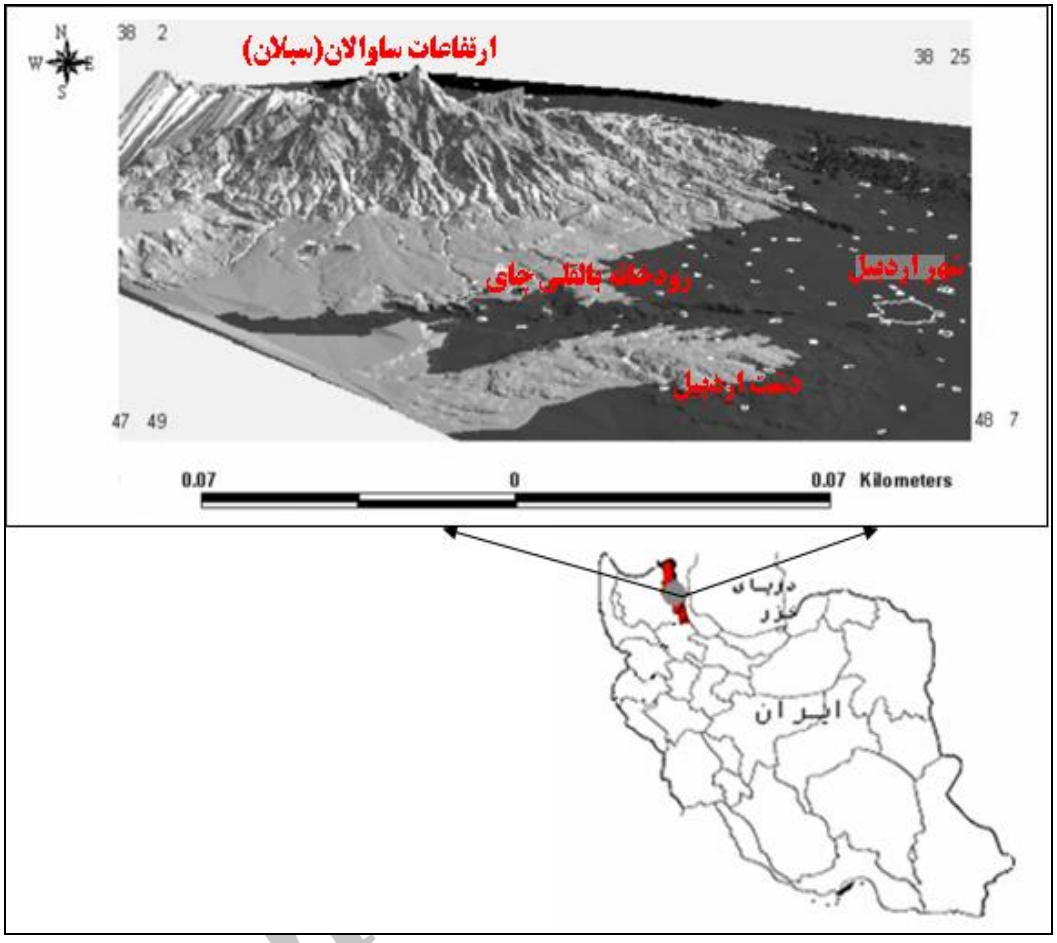
با توجه به ماهیت موضوع پژوهش، شیوه آن به صورت کارهای میدانی(نمونه برداری از خاک‌ها، اندازه گیری ضخامت لایه‌ها، تعیین نوع سازندها، عکس‌برداری)، اسنادی، تجربی و آزمایشگاهی بوده است. به علاوه این پژوهش بر اساس داده‌های اقلیمی بلند مدت منطقه اردبیل، بررسی زمین شناسی، هیدرولوژی و اکولوژیکی صورت گرفته است. در این راستا از ابزارهای مختلف علوم طبیعی(خاکشناسی و ژئومورفولوژی، هیدرولوژی)، عکس‌های هوائی ۱:۵۵۰۰۰ نقشه‌های زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، نقشه‌های آبهای زیرزمینی و سطحی دشت اردبیل، داده‌های اقلیم شناسی استفاده شده است. در انتها تجزیه و تحلیل داده‌ها لازم، ترسیم نقشه‌ها و نمودارها با استفاده از نرم افزارهای Excel، Spss، GIS انجام گرفت. دشت آبرفتی(تکتونیکی، انباشتی) حاصل‌خیز اردبیل با ارتفاع متوسط۱۳۵۰ متر از سطح آبهای آزاد و با مساحت حدود ۹۵ هزار هکتار در منطقه شمال‌غرب ایران واقع است. دشت اردبیل با ۲۱ درصد سنگ‌های کربناته و بقیه آن از نهشته‌ها و رسوباتی نظیر گراول، ماسه، رس، سیلت، کنگلومراهای مارن دار و ماسه‌ای با زیر بنای آذرین و سنگ‌های آذر آواری تشکیل شده است. شهر اردبیل نیز با ۴۱۸۰۰۰ نفر نفوس که مساحت کل فضای اشغالی شهر اردبیل ۱۱۰۸۱ کیلو متر مربع و تراکم جمعیت ۱۸۸۵۷ نفر بر کیلومتر مربع هکتار بر آورد شده در سطح این دشت واقع شده است(عابدینی، ۱۳۸۷، ۱۴). دشت نیمه مرتفع اردبیل که ارتفاع آن ۱۴۰۰ متر از سطح دریا است، مقر و نشستگاه شهر نیز می‌باشد که در حواشی آن روستاها و مزارع کشاورزی قرار دارند. وسعت سفره

[1]- Land Subsidence
[2]- Toufigh and Marsi.
[3]- Toufigh and Marsi.

Archive of SID

www.SID.ir

آبهای زیرزمینی دشت اردبیل حدود (۸۵۰) کیلومتر مربع می‌باشد که در آن از طریق ۳۶۶۷ حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق بهره برداری صورت می‌گیرد، شکل(۱).



شکل ۱: نقشه موقعیت جغرافیائی دشت اردبیل(منبع نگارنده)

منابع عمده تغذیه کننده دشت شامل نزولات جوی، رودخانه‌ها، جریان‌های زیرزمینی، آبهای برگشتی حاصل از آبیاری کشتزارها می‌باشد. شهر اردبیل برروی نهشته‌های آبرفتی کواترنر جوان شکل گرفته که شامل گراول، ماسه، رس و سیلت و کنگلومراهای مارن دار و ماسه‌ای است. ضخامت آبرفت‌ها از ۴۰ تا ۲۰۰ متر در سطح دشت متغییر می‌باشد. از سازندهای قسمت‌های مختلف دشت در محدوده شهر اردبیل توسط نگارنده نمونه برداری و دانه سنجی به عمل آمد. نتایج (گرانولومتری یا دانه بندی خاک‌های مورد آزمایش از بستر دشت در محدوده شهر را نیز در بخش یافته‌ها در جدول (۳) آورده‌ایم، هر چقدر از حواشی شهر به سمت هسته شهر نزدیک می‌شویم بر میزان مواد ریز دانه که دارای درصد زیاد رس و سیلت است افزوده می‌شود، به علاوه بخش شمال‌شرق و شرق شهر در محدوده نیار و به سمت فرودگاه نیز با کاهش میزان شیب و زمین‌های غالباً رسی می‌باشند. تخلخل موجود در سنگ‌ها دو نوع به صورت تخلخل اولیه و تخلخل ثانویه می‌باشد. تخلخل اولیه در زمان تشکیل سنگ‌ها شکل می‌گیرد و تخلخل ثانویه ناشی از فرایندهای تکتونیکی، مکانیکی نظیر درز و ترک، انحلال و فعالیت میگرو ارگانیسم‌ها و ...، می‌باشد(فریدونی، ۱۳۸۶، ۲۰۱). به دلیل وجود مواد درشت دانه کواترنری توان ذخیره و آبدهی سفره‌های این دشت اردبیل به صورت بالقوه بالاست در صورتی که میزان بارش‌های منطقه زیاد شود و نیز روش‌های آبخیزداری و برداشت آب اصولی رعایت شود، تعادل بین تغذیه و

www.SID.ir

برداشت در سطح سفره‌ها زیر مینی برقرار خواهد شد[۴]. نشست زمین در آکیفرهای محصور و نیمه محصور که مواد آبرفتی تحکیم نشده و یا نیمه تحکیم شده تشکیل شده باشند، بیشتر مشاهده می‌شود. در اثر بر داشت آب از منافذ امکان متراکم شدن مواد تا عمق ۳۰۰ متر فراهم می‌شود و هر چه بیشتر آب برداشت شود تراکم مواد بیشتر خواهد بود نشست زمین باعث ایجاد شکاف‌های عمیق در سطح زمین، کج شدگی لوله‌های چاه، خرابی ساختمان‌ها و لوله‌های چاه و غیره می‌شود(علیزاده، ۱۳۸۶، ۳۵۷). پائین بودن تراکم زهکش دلیل بر نفوذ پذیری بالای سازندهای آبرفتی دشت انباشتی اردبیل است در نتیجه قدرت آبدهی سازندهای دشت نیز بسیار بالا می‌باشد.

جهت بررسی روند تغییرات اقلیمی و آثار بارش و دما در افت آبهای زیرزمینی از مدل‌های روند خطی دما بارش از داده‌های آماری بازه زمانی ۲۱ ساله دشت اردبیل استفاده شد.

- بررسی عوامل مهم در افت و کاهش محسوس سطح ایستابی آبهای زیر زمینی دشت اردبیل

۱- تغییرات اقلیمی و مسائل تکتونیکی ۲- افزایش فزاینده کشت و زرع و حفر چاه‌های زیاد(برداشت بری رویه) ۳- افزایش بی رویه جمعیت و مسائل ناشی از کاربری‌های شهری و صنایع ۴- تخریب مراتع و جنگل‌ها از عوامل مهم فرونشست دشت اردبیل می‌باشند. جدول (۱) طبقه بندی علل فرونشست زمین (روستائی، ۱۳۸۶، ۹۳ به نقل از کوک و دورنکانپ) را نشان می‌دهد.

جدول ۱: طبقه بندی علل فرونشست زمین (روستائی،۱۳۸۶، ۹۳ به نقل از کوک و دورنکانپ)

عوامل طبیعی	عوامل انسانی
۱- تغییر شکل‌های تکتونیکی و آتشفشانی	۸-فشردگی به علت مرطوب ساختن رسوبات آبرفتی خشک(فشردگی آبی)
۲- تحمیل بارهای سنگین (از قبیل دریاچه و....)به خوردن آیزوستازی	۹- فشردگی به علت تحمیل بارهای سنگین (برای مثال سدها و ساختمان‌ها)
۳- فشردگی (تراکم) حاصل از ارتعاش در اثنای زلزله	۱۰- فشردگی به علت زهکش زمین و اکسیداسیون بیو شیمیائی خاک‌های عالی
۴- خشک شدن رسوبت ریز دانه	۱۱- فشردگی به علت ارتعاش
۵- برداشت مایعات(آب،گاز و نفت)	۱۲- برداشت مواد معدنی زیرین
۶- اکسیداسیون خاک‌های عالی	۱۳- انحلال مواد و عناصر قابل حل(فرو نشست انحلالی)
۷- ذوب پرومافروست	

- نقش تغییرات اقلیمی و تکتونیک در دشت اردبیل

نقش تغییرات اقلیمی دو دهه اخیر در افت سطح آبهای زیر زمینی: الف-کاهش محسوس در میزان بارندگی از سال ۱۳۷۲ تا ۱۳۸۱ که مصادف با خشکسالی ناشی از فوران و توسعه فعالیت لکه‌های خورشیدی بود که بخش از خاورمیانه ،بویژه ایران را را فرا گرفت. با وجود این کاهش میزان نزولات جوی هنوز نیز نسبت به سال‌های قبل از ۱۳۷۲ محسوس است، ولی روند خطی دما از سال ۱۹۶۸ به بعد تا به امروز به تدریج در حال افزایش است، که در شکل‌های(۲ و ۳) نشان دادیم. طبق بررسی‌های آماری صلاحی(۱۳۸۸، ۱) اظهار می‌دارد که حدود ۷۰ از سال‌های آماری اردبیل دچار خشکسالی متوسط تا شدید بود است که این روند تاکنون نیز ادامه دارد (صلاحی، ۱۳۸۸، ۱).

ب- بهم خوردن ریتم فصلی بارش و دما در استان اردبیل به عنوان نمونه سال ۱۳۸۴ سالی بدون زمستان و سال ۱۳۸۶ سالی با زمستان متفاوت و سرد و سال۱۳۸۷ سال بدون زمستان محسوس با میانگین دمای بالا می‌باشند. در شکل‌های(۲ و ۳) روند تغییرات دما و بارش در طول ۲۷ سال قابل ملاحظه است. میزان بارش از سال ۱۹۷۹ تا ۲۰۰۵ روند نزولی داشته واین روند امروزه نیز محسوس است.

[۴] - به دلیل تراکم و نهشته شدن مواد تخریبی عمدتا درشت دانه بویژه در حواشی دشت و شیب کم آنها (به ویژه در مسیر بستر جریانات رودخانه‌ای) عموماً نرخ نفوذ پذیری در سازندهای دشت‌های آبرفتی بالا می‌باشد، (Huggett,2003,177-194)

Archive of SID

www.SID.ir

- عامل تکتونیکی (زمین ساختی)

وجود گسل اصلی و بزرگ نئور در امتداد کوه‌های باغروداغ و دشت اردبیل از چند کیلومتری شرق دریاچه نئور تا زیر آستارا از یک طرف و ارتفاعات رسوب خیز سبلان در سمت غرب موجب فرونشت دشت اردبیل می‌شود. دریافت نهشته-های آبرفتی از کوه‌های باغرو داغ و ارتفاع‌های سبلان موجب سنگینی دشت و فرونشست (Subsedance) چاله زمین ساختی اردبیل می‌شود. بررسی‌ها نشان داده که کوه‌های باغرو داغ در امتداد دشت اردبیل از محل گسل نئور در مرحله فرازش تکتونیکی نسبت به چاله زمین ساختی یا دشت اردبیل است(عابدینی، ۱۳۸۶، ۱۰ و ۱۲)، (مددی، ۱۳۸۴، ۸۱). لذا یکی از عوامل فرونشست دشت اردبیل نحوه فعالیت‌های زمین ساختی منطقه و جریان نهشته گذاری و سنگینی کفه دشت اردبیل می‌باشد.

- افزایش فزاینده کشت و زرع و حفر چاه‌های زیاد

افزایش نیاز غذائی و تحول تکنولوژی کشاورزی، موجب تشدید نوع و میزان کشت و زرع در اراضی دشت هموار اردبیل شده و می‌شود. مهمترین آثار و نتایج کشاورزی فشرده در اراضی دشت اردبیل، فقیر شده خاک‌های زراعی، افت سطح آبهای زیرزمینی به واسطه حفر چاه‌های نیمه عمیق، آلودگی آبهای زیر زمینی و رودخانه‌های دشت اردبیل است. اخیراً سطح کل اراضی زراعی دشت ۸۲۹۵۰ هکتار اراضی زیر کشت آب ۴۷۰۵۸، نیاز آبی واقعی اراضی کشاورزی در هکتار ۷۵۶۸، آب تامین شده برای کشاورزی ۲۰۱، آب مورد نیاز کل اراضی کشاورزی ۳۵۶ میلیون متر مکعب و آب مورد نیاز کل اراضی کشاورزی دشت اردبیل ۶۲۸ میلیون متر مکعب می‌باشد. احداث چاه‌های استحصال آب مشروب شهری، صنایع و به ویژه کشاورزی در سطح دشت اردبیل زمینه افت سطح ایستابی سفره‌های زیر زمینی را به دنبال داشته است. وسعت سفره آبهای زیر زمینی دشت اردبیل ۸۵۰ هکتار می‌باشد که توسط ۳۶۶۷ حلقه چاه عمیق و نیه عمیق آب از آن استحصال می‌شود،(نصرت پور، ۱۳۸۸). زهکشی سبب شتاب یافتن خروج آب بین منافذ رس‌ها می‌شود و در نتیجه تحکیم یافتگی آنها بیشتر می‌شود که نتیجه این امر فرونشست گسترده است و لی پمپاژ آب از آبخانه‌های ماسه‌ای متخلخل که به صورت بین لایه‌های بین سفره‌های آبدار رسی نفوذ پذیر قرار دارند صورت بگیرد فرونشست بسیار حاد خواهدد بود (قاضی فرد و نعیم امامی، ۱۳۸۰، ۲۲۱ و ۲۲۸). است. در مجموع نیاز آبی در دشت اردبیل در بخش‌های مختلف(کشاورزی، صنعت، شرب) در حال حاضر معادل ۵۸۸ میلیون متر مکعب است.

- افزایش بی رویه جمعیت و مسائل ناشی از کاربری‌های شهری و صنایع

نطفه اولیه شهر اردبیل به لحاظ توان‌های محیطی آن در وسط دشت هموار اردبیل شکل گرفته و توسعه یافته است. وسعت کنونی شهر اردبیل بیش از ۲۳۹۸ کیلومتر مربع و جمعیت کل شهر و روستائی واقع دردشت اردبیل ۵۰۴۹۴۶ نفر می باشد، (سرشماری مسکن و نفوس استان اردبیل، ۱۳۸۵). روند افزایش جمعیت و کاربری شهری از سال ۱۳۷۲ به بعد به دلیل عامل خشکسالی(مهاجرت شدید عشایر به شهر) و نیز مرکز استان شدن اردبیل بشدت تشدید سرانه مصرف آب در کشورهای در حال توسعه و کم آب بین ۱۵۰ تا ۲۰۰ لیتر است و مصرف سرانه مناطق شهرهای متوسط سرد سیری همچون اردبیل۲۰۰ لیتر یا۲/. متر مکعب برآورد شده است(جدول ۲)، (منزوی، ۱۳۸۳، ۲۴). بنابر این مصرف سرانه آب مردم در شهر اردبیل توسط نگارنده محاسبه شد و مطابق آن در هر روز ۱۰۰۹۸۹۲۰ مصرف سالانه حدود ۳۹۸۶۱۰۵۸۰ لیتر (۳۶۸۶۱۰/۵۸ متر مکعب می‌باشد، (نگارنده). گسترش صنایع سنگین و نیمه سنگین نظیر ذوب آهن، ماشین سازی، فولاد، صنایع غذائی و ...، میزان نیاز به منابع آبهای زیر زمینی را روز به روز در استان اردبیل تشدید می‌کند. در حال حاضر ۵۵۰ واحد صنعتی فعال و ۲۵۸۲ واحد صنعتی دارای مجوز تاسیس در محدوده دشت قرار دارند. مجموع نیاز آبی بخش صنعت در حال حاضر ۱۸ میلیون متر مکعب و تا سال ۱۴۱۰ نیاز آبی این بخش به ۱۸۲ میلیون متر مکعب خواهد

Archive of SID

www.SID.ir

رسید (خانی و زوبا سماوی، ۱۳۸۸). از طرفی افزایش سریع سطوح کاربری‌های شهری ّویژه سطوح آسفالت، سیمان، سنگپوش و غیره بشدت موجب کاهش نفوذ پذیری نزولات جوی و رواناب‌های در قلمرو گسترش شهر می‌شود. لذا توسعه و رشد شهر عامل مهم در کاهش آبهای زیرزمینی، آلودگی آنها و به هم زدن روابط و واکنش هیدرولیکی آب و خاک و سطح اساس آبهای زیر زمینی است. ویژگی‌های هیدرولوژیکی مسیل‌های شهری غالباً به عنوان یک شاخص بنیادی در سنجش چگونگی پاسخ یک مسیل شهری به توسعه سطوح غیر قابل نفوذ ایجاد شده(مانند کفپوش‌ها و آسفالت خیابان‌ها که از نفوذ آب به زمین جلوگیری کرده و سبب تبدیل سریع بارندگی به روان آب می‌گردد) در حوزه آب‌ریز مسیل بر اثر گسترش پدیده شهر نشینی در نظر گرفته می‌شود(خام چین مقدم و همکاران، ۱۳۸۵).

جدول ۲: بیشترین سرانه مصرف آب برای شهرهای ایران(منزوی، ۱۳۸۳، ۲۴)

نوع شهر از نظر بزرگی	جمعیت بر حسب هزار نفر	مصرف سرانه(لیتر در شبانه روز)		
		مناطق معتدل		مناطق گرم
شهرهای کوچک	کمتر از ۵۰	۱۷۵	۲۰۰	۲۲۵
شهرهای متوسط	۵۰ تا ۱۰۰	۲۰۰	۲۳۰	۲۶۰
شهرهای بزرگ	بیشتر از ۵۰۰	۲۲۵	۲۶۰	۲۹۵

طبق مطالعات صورت گرفته توسط وانگ و همکاران افزایش ۱۰ ، ۱۵ و ۳۰ درصدی سطوح غیر قابل نفوذ شهری معمولا سبب ۲، ۳ وگاهی ۵ برابر شدن احتمال رخ داد سیلاب‌هایی با دوره بازگشت دو ساله خواهند شد(خام چین مقدم و همکاران، ۱۳۸۵). از طرف دیگر افزایش سطوح غیر قابل نفوذ شهری سبب کاهش تغذیه طبیعی سفره‌های آب زیرزمینی در مناطق شهری می‌شود که خود سبب افزایش صدمه‌های اکولوژیکی به علت پایین آمدن تراز جریان در سطح مسیل خواهد شد.

- تخریب مراتع و جنگل‌ها

تغییرات اقلیمی با افزایش بطئی متوسط دما در طول دو دهه و کاهش بارندگی موجب کاهش بازدهی بیوماس پوشش گیاهی غیر پایا و جنگلی و پایا در دامنه‌های سبلان، ارتفاع‌های تالش مشرف به دشت اردبیل شده است. از طرفی فشار دموگرافی بر زمین نیز عاملی مضاعف در تخریب مراتع و جنگل‌های طبیعی استان (با تغییر نوع کابری از مرتع و جنگل به کشاورزی فرسایش خاک تشدید و میزان نفوذ پذیر آب تقلیل می‌یابد) در طول سالیان متمادی در این منطقه بوده است. خوشبختانه در حال حاضر با تلاش نیروهای حفاظت منابع طبیعی ۹۵ درصد قطع اشجار در جنگل‌های استان کاهش یافته و در زمینه تخریب مراتع نیز به کاهش ۹۰ درصدی دست یافتیم(وب سایت منابع طبیعی اردبیل، ۱۳۸۷). تیپ گیاهی غالب مراتع استان اردبیل گرامینه، درمنه و انواع آگروپیرون می‌باشد. مساحت جنگل‌های طبیعی استان اردبیل تقریباً ۳۵ هزار و ۹۵۰ هکتار برآورد می‌گردد که اکثراً فاقد جنبه تجاری بوده و به عنوان جنگل‌های حفاظتی تلقی گردیده و بایستی شدیداً تحت حفاظت و کنترل قرار گیرند(وب سایت آماری منابع طبیعی استان اردبیل، ۱۳۸۷).

-یافته های پژوهش

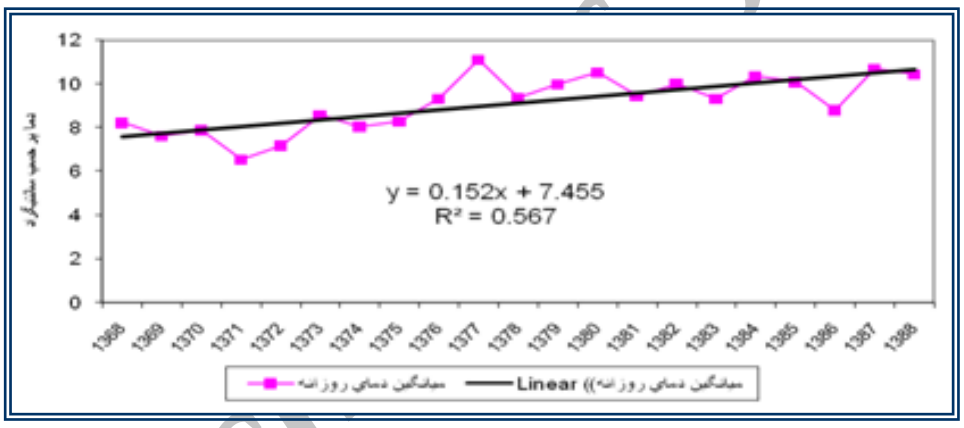
کاهش فزاینده وسعت جنگل‌های استان و تخریب جنگل‌های فندقلو، گردنه حیران، تغییر کاربری و تخریب مراتع طبیعی از عوامل مورد در کاهش ذخیره آبهای زیر زمینی در منطقه است. وقوع سیلاب مخرب ۱۳۷۲ دره موئیل در مشکین شهر

Archive of SID

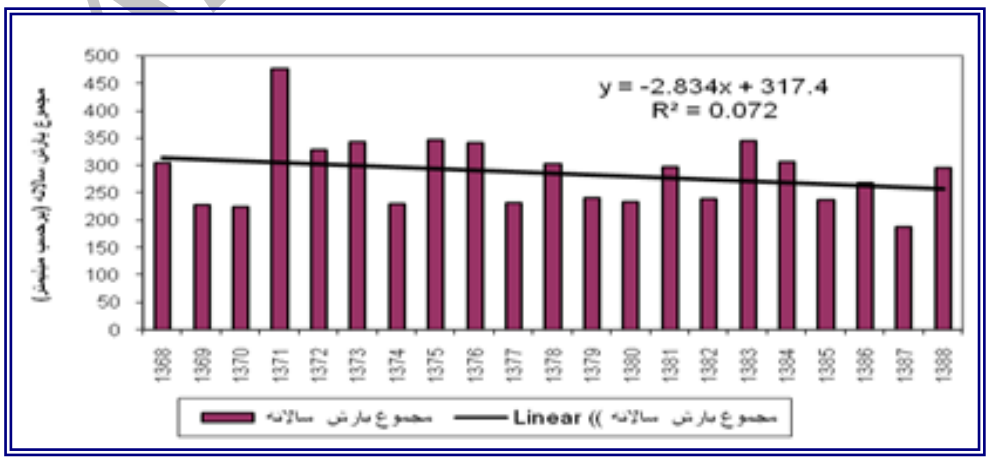
www.SID.ir

اردبیل، عمدتاً ناشی از تخریب پوشش گیاهی مرتعی و جنگلی دامنه‌های سبلان به واسطه دخالت انسان‌ها در بستر زمان کمی باشد.

مطابق نتایج دوره آماری (۱۳۶۸– ۱۳۸۸) میانگین مجموع بارندگی سالانه شهرستان اردبیل ۳۰۴ میلی‌متر است. میانگین مکانی بارش بهاره منطقه ۱۱۴/۵میلی‌متر معادل ۴۲/۱درصد بارش سالانه است و میانگین بارش منطقه به ترتیب در تابستان، پاییز و زمستان به ترتیب ۲۲/۱، ۸۸/۶ و ۷۶/۷ میلی‌متر معادل ۷/۳، ۲۹/۳ و ۲۵/۴ درصد سالانه می‌باشد. در شکل‌های(۲ و ۳) روند تغییرات دما و بارش در طول ۲۷ سال قابل ملاحظه است. میزان بارش از سال ۱۹۷۹ تا ۲۰۰۵ روند نزولی داشته و این روند امروزه نیز محسوس است بیشترین بارش سالانه آن در فصل پاییز اتفاق می‌افتد، بنابراین پر باران‌ترین و کم باران‌ترین فصل سال به ترتیب بهار و تابستان است. لذا مدیریت عالمانه برای اعمال اصول آبخیزداری متناسب برای ذخیره روانآبهای بهاری ، پائیز و زمستان برای تعدیل آثار کم آبی در فصل تابستان یک ضرورت اجتناب ناپذیر است. بالا رفتن میانگین دما حداکثر،ک اهش بارندگی‌ها به ویژه برف، ذوب سریع برف‌ها در زمستان، اهمگونی شدید در نوع و نحوه بارش، کاهش شدید آب سدها و سال ۱۳۸۷ و نیز قنات‌ها و چشمه‌ها دلیل بر نا به هنجاری‌های اقلیمی و بحران آب در استان ار دبیل می‌باشند(همتی، ۱۳۸۸، ۱). در نمودار شکل(۴) افت محسوس سطح آب سفره‌های زیر زمینی دشت اردبیل قابل ملاحظه است.



شکل ۲: مدل روند خطی سالانه دمای شهرستان اردبیل(منبع نگارنده)

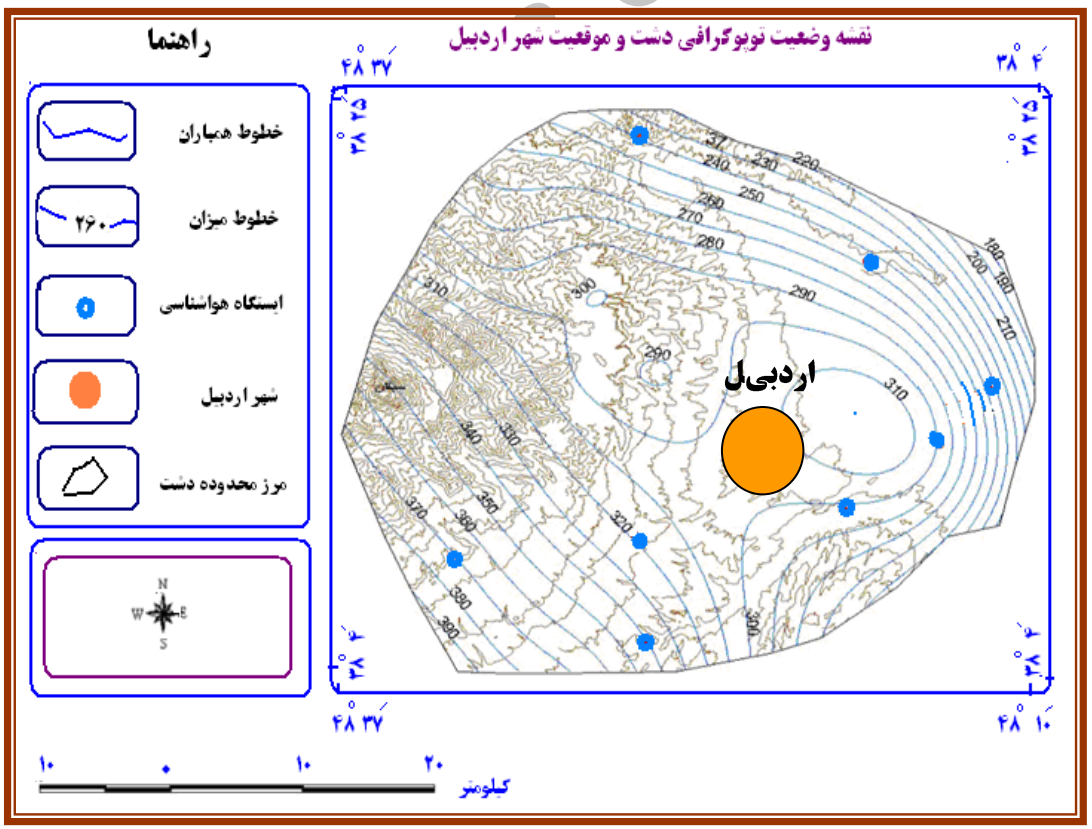


شکل ۳: مدل گرافیکی روند خطی بارش سالانه اردبیل(منبع نگارنده)

www.SID.ir

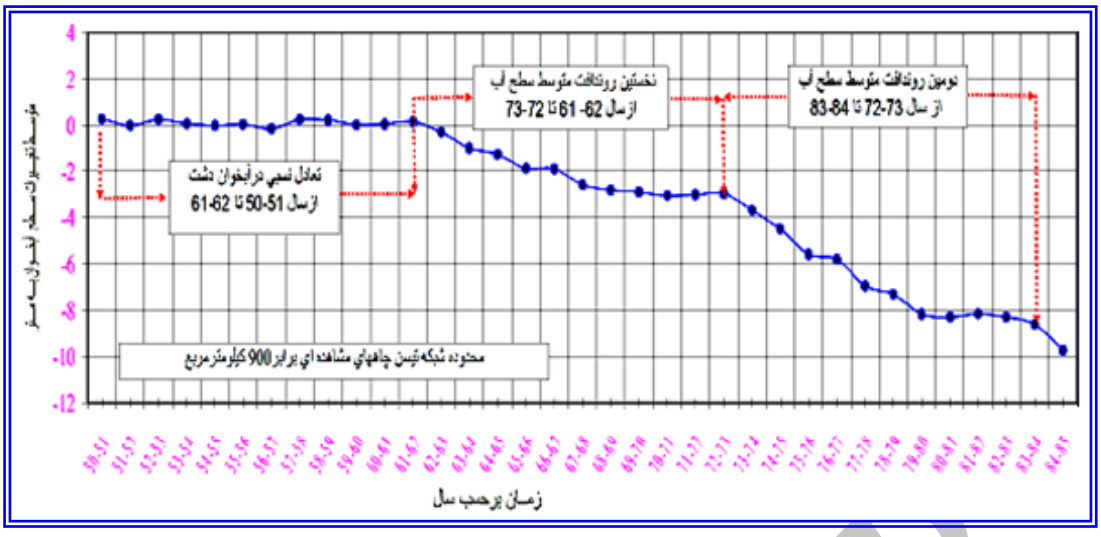
مجموع نیاز آبی در دشت اردبیل در بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت در حال حاضر معادل ۵۵۸ میلیون متر مکعب م باشد. در همین زمینه مجموع پتانسیل آبی در دشت مشتمل بر آب سطحی و زیر زمینی معادل ۲۵۶ میلیون مترمکعب م باشد. در نتیجه میزان کمبود در تأمین نیاز آبی در شرایط موجود مابه التفاوت کل میزان مصارف از پتانسیل خواهد بود که معادل۳۳۲ میلیون مترمکعب می‌گردد. با افزودن ۱۵ میلیون مترمکعب بابت نیاز آبی تعادل بخشی، کل میزان کمبود در شرایط حاضر معادل ۳۴۷ میلیون مترمکعب خواهد گردید. سیستم پمپاژ سامانه انتقال آب از سد استور به دشت به دو بخش پم های آبگیری و پمپ‌های مسیر انتقال آب قابل تقسیم می‌باشند. محل‌های مورد نظر برای برداشت آب شامل سد استور و سد تنظیمی پیرتق واقع در پایین دست تقاطع رودخانه‌های قزلاوزن و آرپاچای می‌باشد. مسیرهای در نظر گرفته شده برای انتقال آب نیز شامل عبور از جناح راست و چپ رودخانه آرپاچای می‌باشد (عمرانی و همکاران (۱۳۸۸). در شکل(۴) وضعیت توپوگرافی دشت نحوه توزیع بارش نشانگر افزایش بارش به صورت ریتمیک از سمت شرق دشت(سطوح بی عارضه کاملامسطح منطقه فرودگاه اردبیل) به سمت شرق دشت و دامنه‌های سبلان است. در نمودار شکل(۶) میزان افت سطح آبهای زیر زمینی در بلند مدت نشان داده شده است. کاهش آبهای زیرزمینی نیز با میزان توزیع بارش یا خطوط همباران دشت تقریباً همخوانی دارد. در شرق دشت بارش کمتر شده و افت سطح آبهای سفره‌های زیرزمینی نیز عمدتاً در بخش شرق دشت (همچنین بخش شرقی شهر) بیشتر از نقاط دیگر دشت اردبیل بوده است(شکل ۹).

افزایش سطوح غیر قابل نفوذ ایجاد شده بر اثر گسترش شهر و پدیده شهر نشینی سبب ایجاد تغییرات در هیدرولوژی مسیل و ایجاد سریع روان آب پس از هر بارندگی و کاهش زمان رسیدن آن به مسیل گردیده است که این خـود امکـان وقوع سیلاب‌های مکرر در مسیل‌های شهری را فراهم می‌آورد.



شکل ۵: نقشه توپوگرافی دشت و خطوط محنی همباران و محدوده شهر

www.SID.ir



شکل ٦: افت آب زیرزمینی در یک دوره دراز مدت از سال ۵۱ تا ۱۳۵۰ تا ۸۵ –۱۳۸۴

نتایج آزمایش‌های میدانی نگارنده در جدول ۳، نشانگر درصد بالای سازندهای رسی و نشانه خمیری بالا در اغلب نقاط شیبدار و نیز کم شیب در محدوده دشت اردبیل (به ویژه در نمونه های ۱ و ۵ در محدوه شهر) است. معمولاً نشانه خمیری(۱۵–۰) با پتانسیل تورم پائین، (۳۵–۱۰) متوسط (۵۵–۲۰) بالا، (بیش از ۳۵) شدید و زیاد می‌باشد(عسگری و فاخر، ۱۳۷۲، ۷۲). نشانه خمیری متوسط و شدید در سازندهای محدوده شهر نه تنها در زمان بارنگیهی شدی برای پی فنواسیون خطر محسوب می‌شود بلکه دز زمان فرونشست سطح آب سفره و خشک‌سالی شدید موجب انقباض و فشردگی در سازندهای سست و فرونشت توأم با ترک و شکاف را به دنبال خواهد داشت. از طرفی کج شدگی کامل لایه‌های زمین شناسی اثرات آن بر مواد تخریبی سازندهای سطحی در شهرک کارشناسان کوثر دادگستری اردبیل مشهود است. در مواقع بارش‌های سنگین و یا آبیاری فضای سبز و غیره امکان نفوذ آب به میان لایه‌های شیب‌دار و تشدید فرونشست آنها می‌باشد. لذا احتمال جابجائی و یا لغزش لایه‌های شیبدار، ترک برداشتن، کج شدگی و ریسک تخریب سازه‌های شهری را در مواقع بروز زمین لرزه محتل می‌نماید[۵]. تناوبی از سازندهای نسبتا مقاوم مواد پرتابه‌های آتشفشانی به همرا میان لایه‌های مارنی، ماسه سنگی و تراورتن موجب ناپایداری نسبی مناطق غرب و جنوب شهر اردبیل شده است، (عابدینی، ۱۳۸۷، ۵۴). بررسی‌های میدانی در ترانشه زیر گذر سعدی مشخص در محدوده دشت اردبیل شد که در برخی نقط مواد انباشتی آبرفتی بسیار جوان می‌باشد. وجود زباله‌های شهری در بین لایه‌ها موید عدم تحکیم یافتگی و جوان بودن آنها است که این مواد آبرفتی سیلابی حاوی قلوه سنگ، شن و ماسه با درصد پائین رس در حواشی سعدی مشاهده شدند، این محدوده به صورت نواری مسیل جریان آب باغمیشه قبل از گسترش شهر بوده است.

[۵] – در زمان وقوع زمین لرزش‌ها روانگرائی در زمین‌های ماسه‌های اشباع (به حالت عادی یا در اثر تیکسوتروپی) موجب نشست پی‌ها،کج شدگی و فرو ریختن ساختمان در زمین می‌شود(ناطقی الهی و معتمدی، ۱۳۸۲، ۶۰).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳: محل‌های نمونه برداری سازندهای سطحی ترانشه‌های خیابان‌های مختلف اردبیل(منبع نگارنده)

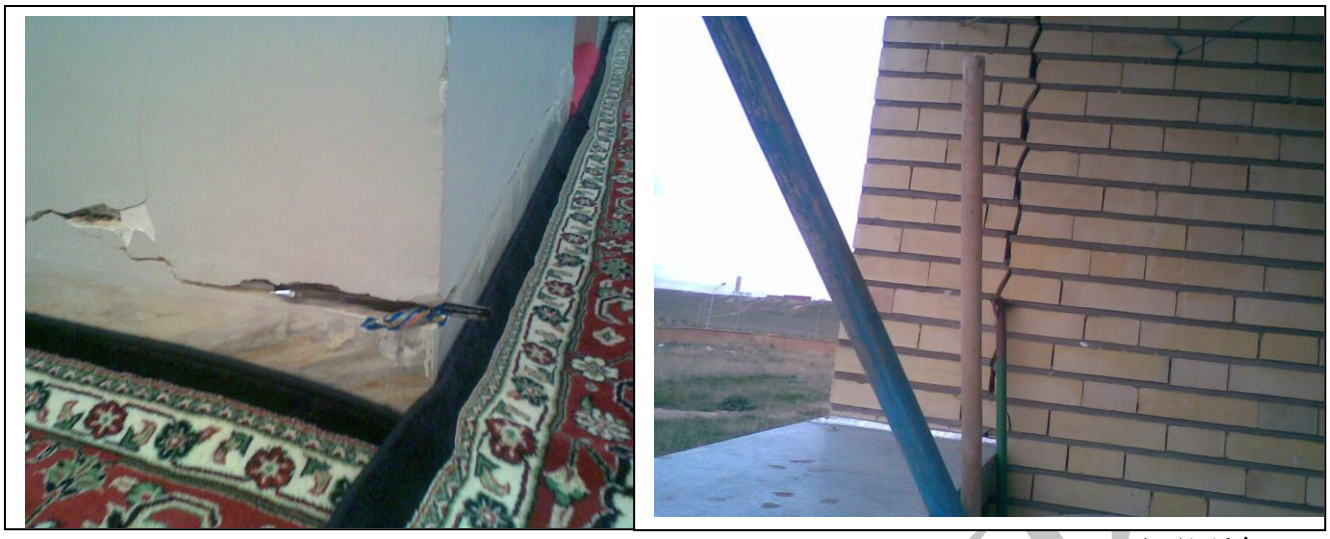
شماره نمونه	مناطق نمونه برداری شده	درصد رس	درصد سیلت	در صد شن و ماسه	PI (Plasticity Index)	LL (Liquid Limit)
۱	بخش شرق شهر ناحیه صنعتی ۱	۳۸/۵	۲۲/۴	۳۹	۳۹/۸	۴۱/۲
۲	خیابان دانشگاه فونداسیون ساختمان‌های جنب شورابیل	۲۱/۷	۳۶/۳	۴۳/۲	۳۳/۳۲	۳۷/۵
۳	خیابان شهد عطائی جنب رودخانه بالخلی چای	۲۱/۸	۲۸/۲	۵۰	۳۱	۳۳/۴۵
۴	فونداسیون‌های میدان سعدی در غرب بخش مرکزی شهر	۳۲/۵	۲۵/۲	۴۳/۷	۳۴/۶	۳۸/۹
۵	نزدیک رو گذر و روگذر میدان ورزش	۲۶/۲۲	۳۵/۵	۳۸/۷۲	۳۸/۷	۳۵/۳

اخیراً هیچ خبری از مسیل جریان آب باغمیشه نسیت و در محدوده شهر پر شده و زیر ساخت و ساز رفته است. از آنجائی‌که مواد پر شده هنوز تحکیم یافتگی خوبی پیدا نکرده‌اند لذا احتمال نشست و ترک خوردگی ساخت و سازها بسیار بالا است. با وجود زیر بنای اغلب نقاط سعدی،میدان چهار راه باغمیشه از سازندهای آبرفتی با لایه‌های رسی، شنی ماسه‌ای رسی به تناوب تشکیل شده است. در تناوب لایه‌های آبرفتی به ترتیب با ترکیبی از لایه سطحی رسی، لایه شنی ماسه‌ای با درصد پائین رس(به ضخامت ۳۰ سانتی)، لایه قلوه سنگی، شن و ماسه به ضخامت حدود ۵۰ ال ۶۰ سانتی‌متری) مجددا لایه تحتانی رسی است. فرونشست‌ها انواع مختلفی دارد. افزایش بار گذاری به واسطه توسعه آپارتمان منجر به تشدید این نوع فرونشست‌ها و فرونشست‌های ناشی از تحکیم یافتگی(Consolidation) سازندهای زیر ساختمان‌ها در شهر اردبیل می‌شود(شکل‌های ۷ و ۸).

اراضی شهری با شیب کمتر از ۱٪ بیشتر بخش‌های میانی، شرقی و جنوب‌غرب شهر به دلیل شیب بسیار کم و عدم زهکشی مناسب درصد مواد ریز دانه زیاد(عمدتاً کانی‌های رسی)، بالابودن سطح آبهای زیر زمینی(به دلیل مجاورت با دریاچه شورابیل و بالا آمدن آب آن) و تراوش آن به پی‌ها و طبقه زیر زمین ساخت و سازها کاملا مشکلاتی را دارند(شکل‌های، ۷ و ۸). لذا در این سازندهای ریز دانه با آبهای سطحی ارضی و تراوشی مسائل طراحی متناسب و مصالح مقاوم پیش می‌آید. کندن پی‌های عمیق تر (رسیدن به مواد آبرفتی درشت دانه زیرین) و استفاده از مواد و مصالح مقاوم ضد زلزله برای سازه‌های بزرگ بسیار و پائین نگه داشتن آب دریاچه شورابیل ضرورت دارد(عابدینی، ۱۳۸۷، ۵۹). زیرا این سازندها در زمان آب‌گیری بسرعت متورم می‌شوند و خاصیت پلاستیسیته و نیز روانگرائی بالائی دارند. از طرفی در زمان بروز زمین لرزه‌ها این نوع سازندها برای سازه‌های بزرگ بسیار ناپایدار عمل می‌کنند. یا به عبارتی تحمل باربری آنها بسیار پائین است. لذا در زمان وقوع زمین لرزه‌ها، خاصیت آب پس دادن و شل شدگی(تیکسوتروپی) بالائی پیدا می‌کنند که منجر به کج شدگی، ترک و شکاف برداشتن دیوارها و فرونشست ساختمان‌ها می‌شوند.

Archive of SID

www.SID.ir



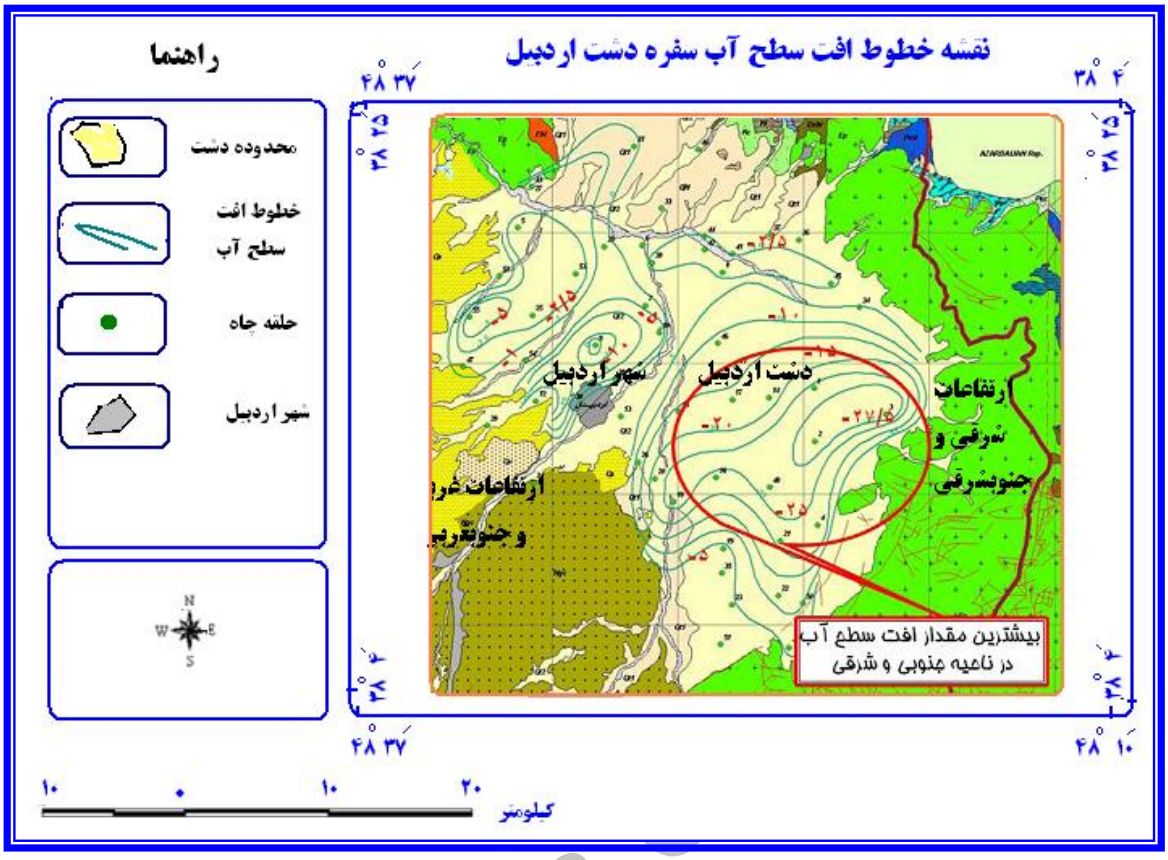
شکل ۷ و ۸: نمائی از محل بر خورد پایه ساختمان با کف اتاق در پذیرائی که در اثر فرونشست با ترک چند سانتی‌متری(منبع نگارنده)

- نتایج و پیشنهادها

برداشت بی رویه آب از سطح سفره‌های زیر زمینی به واسط چاه‌های عمیق عمدتاً نیم عمیق، کاهش بارندگی، افزایش تدریجی دما در طول دو دهه اخیر زمینه نشست زمین یا فرو نشست تدریجی را برای دشت اردبیل فراهم کرده است. در مجموع نیاز آبی در دشت اردبیل در بخش‌های مختلف(کشاورزی، صنعت، شرب) در حال حاضر معادل ۵۸۸ میلیون متر مکعب است. گسترش ساخت و سازهای شهری کارخانجات و نیاز به مصرف زیاد آب را در سطوح دشت تشدید نموده است. بررسی‌های نشان می‌دهد طی سالیان متمادی گذشته به ویژه از سه دهه قبل در طول یک دوره ۳۰۰ ساله ۲۵ متر سطح آبهای زیر زمینی دشت فرونشست داشته است. در سال ۱۳۸۱ طبق آمار ادار کل امور آب استان ۲۴۱ میلیون متر مکعب برداشت شده که ۴۹ میلیون متر مکعب اضافه برداشت شده است. طبق برآورد نگارنده مصرف روزنه آب خانگی سرانه در شهر اردبیل حدود ۲۰۰ لیتر می‌باشد. مصرف سرانه آب مردم در شهر در هر روز ۱۰۰۹۸۹۲۰ لیتر و مصرف سالانه حدود ۳۹۸۶۱۰۵۸۰ لیتر (۳۶۸۶۱۰/۵۸ متر مکعب) بر آورد شد. نیاز آبی دشت اردبیل در بخش‌های مختلف(کشاورزی، صنعت، شرب) در حال حاضر معادل ۵۸۸ میلیون متر مکعب است. حدود ۱۵ میلیون متر مکعب سالانه اضافه برداشت نسبت به تغذیه داریم.میزان برداشت مجاز و متعادل دشت ۱۸۵ میلیون متر مکعب می‌باشد ولی نیاز آبی بالا سال به افت آب سفرها را تشدید می‌نماید. در اثر برداشت آب از طریق چاه‌های موجود در دشت، سطح آب زیرزمینی افت داشته و با توجه به نتایج اندازه گیری‌های اخذ شده از دفترمطالعات پایه منابع آب افت متوسط دراز مدت آبخوان ۱۰متر و مقدار افت سالانه ۲۸ سانتی‌متر برآورد شده است. حداکثر تراز : ۹۵/ ۱۳۱۶، حداقل تراز: ۷۵ / ۱۳۰۷، افت متوسط حاصله ۹/۱ متر، مقدار افت سالانه ۰/۴۳ متر در دشت اردبیل بوده است، شکل(۸).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۸: نقشه دشت اردبیل و ارتفاع‌های حواشی آن که در آن مقادیر افت سطح آب قابل مشاهده است

در راستای تامین کمبودهای آبی موجود در شرایط فعلی و نیز آینده در محدوده دشت اردبیل، امکان انتقال سالیانه ۵۵۰ میلیون متر مکعب از حوضه آبریز قزل اوزن به دشت اردبیل با ملحوظ داشتن تأمین کلیه نیازهای آبی حقابه بران و طرح‌های توسعه منابع آب موجود حوضه میسر می‌باشد. از طرفی نوسان سطح آبهای اساس فصلی آبهای زیر زمینی سفره‌های سطحی و تحکیم شدگی مواد سست منجر به فرونشست و ترک خوردگی و کج شدگی در دیوار ساخت و سازهای شهر (به صورت بسیار بطئی) اردبیل می‌شود و ادامه روند برای آینده شهر در سطح دشت انباشتی آبرفتی بسیبار خطرناک است. نتایج بررسی نشان داد همخوانی بالائی بین توزیع بارش در سطح دشت، کاهش روند بارش و افت آبهای زیر زمینی وجود دارد. وجود زباله‌های شهری در بین لایه‌ها موید عدم تحکیم یافتکی و جوان بودن آنها است که این مواد آبرفتی سیلابی حاوی قلوه سنگ، شن و ماسه با درصد پائین رس در حواشی سعدی مشاهده شدند، این محدوده به صورت نواری مسیل جریان آب باغمیشه قبل از گسترش شهر بوده است. اخیراً هیچ خبری از مسیل جریان آب باغمیشه نسیت و در محدوده شهر پر شده و زیر ساخت و ساز رفته است. از آنجائی‌که مواد پر شده هنوز تحکیم یافتگی خوبی پیدا نکرده‌اند لذا احتمال نشست و ترک خوردگی ساخت و سازها بسیار بالا است. عدم رعایت حریم افت چاه‌ها و احداث چاه‌های زیاد و عدم توجه به ظرفیت سفرها با توجه به بودجه دریافتی آنها از طریق نزولات جوی و جریان‌های سطحی این مسئله افت سطح آب سفره‌ها و فرونشست زمین را تشدید خواهد کرد. نتایج بررسی‌ها و مشاهدات میدانی اینجانب و محقق دیگر نشانگر، فرونشست تدریجی دشت اردبیل است. لذا پیشنهادهائی جهت کاهش افت آب سفره‌ها و کنترل فرونشست دشت اردبیل ارائه می‌شود:

Archive of SID

www.SID.ir

– کنترل شدید پروانه‌های حفر چاه‌های عمیق و نیمه عمیق و برخورد جدی طبق قوانین مقررات سازمان آب منطقه استان و تعین حریم افت چاه‌ها با توجه به وضعیت آکیفرهای سطح دشت.
– برداشت‌های منظم ارتفاعی (ماهانه و سالانه) با نصب بنچ مارک‌های لازم انجام و مقادیر واقعی نشست زمین و همچنین سرعت نشست مشخص شوند.
– برداشت و انتقال آب از سد استور و سد تنظیمی پیرتق واقع در پایین دست تقاطع رودخانه‌های قزل اوزن و آرپاچای.
– کنترل روانآبهای فصول بارش، تغذیه مصنوعی آکیفرهای دشت اصلاح الگوهای آبیاری و استفاده از آب فاضلاب تصفیه شده در امور زراعی.
– یافتن استراتژی مسالمت آمیز برای انتقال آب از رودخانه قزل اوزن به دشت اردبیل جهت کاهش مسئله کم آبی.
– الگوهای کشت مناسب و با نیازآبی کم، جایگزین الگوهای کشت فعلی شود.
– تعیین مناطق پایدار وناپایدار از لحاظ مسائل هیدروژئومورفولوژیکی در مناطق گسترش شهر و ارائه نقشه کاربری مناسب جهت توسعه آتی شهر اردبیل.

منابع

۱– حامد خانی و زوبا سماوی، (۱۳۸۸): منابع و مصارف دشت اردبیل. طرح شرکت مهندسین مشاور آبان پژوه. همایش بحران آب و ضرورت احیای حقابه استان اردبیل. دانشگاه محقق اردبیلی و سازمان آب.
۲– جعفری، محمد، (۱۳۸۵): احیای مناطق خشک و بیابانی. تالیف. انتشارات دانشگاه تهران.
۳– ستاری، دانش و کاظم مقدم، (۱۳۸۸): بررسی و پیش بینی نشست دشت اردبیل در اثر افت سطح آب زیرزمینی و پیامدهای آن. همایش ملی بحران آب و ضرورت احیای حقابه استان اردبیل.دانشگاه محقق اردبیلی و سازمان آب.
۴– صلاحی، برومند، (۱۳۸۸): بررسی خشکسالی‌های استان اردبیل با استفاده از شاخص‌های آماری و سنوپتیکی. همایش ملی بحران آب و ضرورت احیای حقابه استان اردبیل.دانشگاه محقق اردبیلی و سازمان آب.
۵– فریدونی، داود(۱۳۸۶): زمین شناسی مهندسی. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان.
۶– قاضی فرد، اکبر و امامی، سیدنعیم(۱۳۸۰): مبانی زمین شناسی مهندسی، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد اصفهان. ۱۳۸۰، ۱۹۷).
۷– رزمجوئی، شهرام(۱۳۸۷): شناسائی و تحلیل تیپ‌های هوای شهرستان اردبیل. پایان نامه ارشد – گروه جغرافیای دانشگاه محقق اردبیلی.
۸– روستائی، شهرام و جباری، ایرج(۱۳۸۶): ژئومورفولوژی مناطق شهری. انتشارات سمت.
۹– عمرانی، سیامک. رستمی، سمیه و فاطمی، امیر(۱۳۸۸): بررسی تأمین کمبود آب دشت اردبیل از طرق مختلف، طرح شرکت مهندسین مشاور آبان پژوه. همایش بحران آب و ضرورت احیای حقابه استان اردبیل. دانشگاه محقق اردبیلی و سازمان آب.
۱۰– علیزاده، امین(۱۳۸۶): اصول هیدرولوژی کاربردی. تالیف، انتشارات دانشگاه امام رضا.
۱۱– عابدینی، موسی(۱۳۸۷): بررسی نقش مخاطرات هیدروژئومورفولوژی و ویژگی سازندهای سطحی در تعیین کاربری اراضی شهری و پایداری و ناپایداری بسترهای طبیعی. مقالات چاپ شده در چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران دانشگاه تهران. دانشگاه تهران. دانشکده مهندسی عمران.
۱۲– عابدینی، موسی(۱۳۸۷): تجزیه و تحلیل روند توسعه تاریخی شهر توریستی اردبیل با تاکید بر کاربری‌های نادرست اراضی شهری در ارتباط با توان‌های محیطی آن. طرح پژوهشی انجام شده در دانشگاه محقق. گروه جغرافیا، تیر ماه.

Archive of SID

www.SID.ir

۱۳- عسکری، فرج اله و فاخر، علی، (۱۳۷۲): تورم و واگرایی خاک‌ها از دید مهندس ژئوتکنیک- انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران.
۱۴- همتی، (۱۳۸۸): نابهنجاری‌های اقلیمی علتی بر بحران آب استان اردبیل. همایش بحران آب و ضرورت احیای حقابه استان اردبیل. دانشگاه محقق اردبیلی و سازمان آب.
۱۵- وب سایت آماری منابع طبیعی استان اردبیل، (۱۳۸۷)
۱۶- وب سایت سرشماری مسکن و نفوس استان اردبیل، (۱۳۸۵).
۱۷- مددی، عقیل(۱۳۸۴): پژوهشی در مسائل مورفوتکتونیکی و مورفودینامیک ارتفاعات شمال‌غربی تالش. رساله دکتری. دانشگاه تبریز.
۱۸- منزوی، محمد تقی، (۱۳۸۳): آبرسانی شهری. تالیف. انتشارات دانشگاه تهران.
۱۹- ناطقی الهی، فریبرز و معتمدی، مهرتاش، (۱۳۸۲): طراحی و اجرای ساختمان‌های بنایی مقاوم در برابر زمین لرزه. تالیف انتشارات نوپردازان
۲۰- نصرت پور، شکور و نصرت پور، سمیه، (۱۳۸۸): بررسی نیاز آبهای زیر زمینی دشت اردبیل. همایش بحران آب و ضرورت احیای حقابه استان اردبیل. دانشگاه محقق اردبیلی و سازمان آب.

21- Francesco S et al (2009): Curvature Analysis as a Tool for Subsidence-Related Risk Zones Identification in The City of Tuzla (BiH). Geomorphology Vol 107, PP (316–325).
22-Huggett R.G. (2003): Fundamental of Geomorphology. Puplished by Routledge
23-Tosics, I. (2008): City Regione in Europe. The Potentials and The Realities-Liverpool University. Press.vol 78, pp 7785-794.
24– Toufigh, M. M., and Qataris, k. (2002): "Single Well Subsidence Modeling Based on Finite.
25– Toufigh, M. M., and Ouria, A. 2003. “Group Well Subsidence Modeling Based on Water Level.
28- www.landsubsidence.org.

Archive of SID

www.SID.ir