

# بررسی افت سطح آب زیرزمینی و رابطه آن با آثار نشست زمین در دشت لردگان

سلمان سوری<sup>۱</sup>، غلامرضا لشکری پور<sup>۲</sup>، رضا احمدیان مقدم<sup>۱</sup>، اکبر رضانی<sup>۳</sup>، حجت اصلانی<sup>۳</sup>، فیروز موسایی<sup>۴</sup>

دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد

[soorisalman@yahoo.com](mailto:soorisalman@yahoo.com)

## چکیده

دشت لردگان یکی از مهمترین دشت های استان چهارمحال و بختیاری می باشد. توسعه سریع کشاورزی همراه بارش سریع جمعیت و افزایش نیاز آبی در دهه های اخیر سبب برداشت بی رویه از منابع آب زیرزمینی و افت سطح آب در این دشت شده است. یکی از پیامدهای برداشت بی رویه ظهور آثار نشست زمین در اثر متراکم شدن آبخوان این دشت است. با توجه به پیدایش آثار نشست همراه با افت سطح آب زیرزمینی، در این مقاله علل و مکانیزم این پدیده و رابطه آن با افت سطح آب مورد بررسی قرار می گیرد.

واژه های کلیدی: آب زیرزمینی، فرونشست زمین، آبخوان، دشت لردگان

## ۱- مقدمه

از نظر علمی پدیده فرونشست عبارت است از فروریزش یا نشست سطح زمین که به علت های متفاوتی در مقیاس بزرگ روی می دهد. بطور معمول این اصطلاح به حرکات قائم رو به پائین سطح زمین که می تواند با بردار اندک افقی نیز همراه باشد، اطلاق می شود. افت سطح آب زیرزمینی موجب کاهش فشار هیدرواستاتیک سفره شده، و سفره پایداری خود را از دست می دهد و باعث فشرده شدن ذرات و بخش جامد یا ساختمان و از بین رفتن فضاهای مفید بین ذره ای می گردد [۱]. مقدار نشست زمین برای هر متر افت سطح آب بین ۵ تا ۱۵ سانتیمتر متغیر است که دامنه این تغییرات به ضخامت و تراکم پذیری لایه ها، طول زمان بارگذاری، درجه و نوع استرس بستگی دارد [۸]. پدیده نشست زمین باعث بروز مشکلاتی مانند تخریب ابنیه، لوله زایی (بالا آمدن لوله های آب از سطح زمین)، ریزش جداره چاه ها، ایجاد درز و شکاف در زمین، تغییر شیب زمین، افزایش سیل خیزی، فرو رفتن تدریجی دکل ها و سازه ها، تغییر شیب رودخانه ها و جاده های منطقه می گردد [۲]. در سالهای اخیر نشست زمین همراه با افت سطح آب زیر زمینی در تعداد زیادی از آبخوان های کشور گزارش شده است. علت این نشست ها، برداشت بی رویه آب زیرزمینی بخصوص برای آبیاری اراضی کشاورزی ذکر شده است [۹]. همچنین مطالعات قبلی نشان می دهد میزان نشست های ایجاد شده با افت سطح آب زیرزمینی و حجم آب پمپاژ شده توسط چاه های بهره برداری (در دشت رفسنجان) رابطه مستقیم دارد [۱۰].

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، زمین شناسی مهندسی

۲- استاد، زمین شناسی مهندسی

۳- کارمند آب منطقه ای چهارمحال و بختیاری

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد، هیدروژئولوژی

سطح آب زیرزمینی در دشت لردگان نیز در سالهای اخیر در اثر برداشت های بی رویه ی آب های زیر زمینی به منظور تامین آب مورد نیاز کشاورزی منطقه به طور ممتد پایین رفته و با کسری مخزن سالیانه حدود ۲ میلیون متر مکعب مواجه است. حوضه آبریز دشت لردگان از نظر ارتفاع نسبت به سطح دریاهای آزاد، پایین ترین حوضه استان بوده و در واقع منطقه گرمسیر محسوب می گردد. در نتیجه بارشهای سالیانه نمود برف نداشته و بصورت باران ریزش دارند که به تناسب شیب و کوهپایه بودن سریعاً از منطقه خارج می شوند و با توجه به تجارب طولانی مدت میزان تغذیه آبخوان از بارش ها نسبت به حوضه های دیگر تقریباً نصف می باشد.

## ۲- پیشینه تحقیق

در بین عوامل موثر در ایجاد فرونشست، به نظر می رسد برداشت بیش از حد مجاز از منابع آب زیرزمینی، عامل اصلی ایجاد فرونشست در بیشتر دشت های ایران و جهان است. این موضوع وقتی اهمیت می یابد که بدانیم ایران در رتبه سوم برداشت بیش از حد از منابع زیرزمینی آب در دنیا قرار دارد. خطر نشست بر اثر افت آب های زیرزمینی یک خطر جهانی است و در مقیاس جهانی مورد توجه قرار گرفته است. حالت تصاعدی این پدیده به دهه های اخیر مربوط می شود که درست مصادف با اوج صنعتی شدن و شهرنشینی شدن و پمپاژ بی رویه از آب های زیرزمینی است. مطالعات در این زمینه در سطح جهانی گسترش داشته و از جمله آنها می توان به مطالعات آقایان یان فنگ در چین [۱۱]، بلدی در ایتالیا [۱۲]، هونگ چن در تایوان [۱۳] اشاره نمود. در ایران برای نمونه می توان به مطالعات در دشت های تهران - شهریار [۳ و ۸]، فامنین - کبودر آهنگ همدان [۴ و ۵] و نیشابور [۶] اشاره نمود.

## ۳- زمین شناسی منطقه

محدوده مطالعاتی لردگان در محدوده ۴۳۳۲۲۴ متر تا ۵۱۶۲۴۵ متر طول شرقی و ۳۴۶۴۲۴۵ متر تا ۳۵۰۹۳۲۰ متر عرض شمالی از زون ۳۹ شمالی در سیستم مرکاتور (Universal Transverse Mercator (UTM)) قرار دارد. این منطقه با ویژگی های خاص زمین ریخت شناسی از یک سو تحت تاثیر زمین ساخت و فرایندهای فرسایشی ساختار رورانده زاگرس و از طرف دیگر متأثر از عملکرد فرایندهای کارستی است. دشت لردگان، محصور بین دو رشته کوه موازی با روند شمال غرب- جنوب شرق است. که تقریباً مرز شمالی زاگرس مرتفع می باشد پست ترین نقطه با ارتفاع ۸۰۰ متر به خروجی حوضه مربوط می شود و بلندترین نقطه با ارتفاع ۳۶۰۰ متر از سطح دریا به ارتفاعات جنوب شرق حوضه مربوط می شود. در محدوده مورد مطالعه عوارض مهمی به شکل پدیده های ژئومورفولوژیکی به چشم می خورند که تحت عنوان چشم انداز (Landscape) در نوشته های مختلف معروف هستند. عوارضی مثل کوه ها، دشت، دره ها و رودخانه از جمله عوارض بسیار مهم در این محدوده مطالعاتی می باشند که تحت عوامل مختلف زمین شناسی شکل گرفته اند. با توجه به مطالب گفته شده عوارض نقش بسیار مهمی در جمع آوری، ذخیره و توزیع آب در محدوده مورد مطالعه دارد. همانطور که گفته شد نقش عوامل زمین شناسی در توجیه و شکل گیری این عوارض بیشترین اهمیت را دارد. عوامل لیتولوژیکی، تکتونیکی و محیطی (که در علوم زمین نیز از عوامل زمین شناسی می باشد) نقش بسیار مهمی در بر افراستگی سازندهای آهکی چهره ساز و به دنبال آن بارش هرچه بیشتر در این سازندها دارد. این سازندها در منطقه به عنوان یک عامل گردآورنده (Collector) آب باعث تغذیه آبخوان آبرفتی می شوند. سازندهای آهکی منطقه که چهره ساز بوده و ارتفاعات را تشکیل می دهند، عمدتاً برفگیر بوده و مقدار بارندگی در آنها زیاد است و عامل وجود چشمه ها و چاه های با دبی بالا در منطقه است.

#### ۴- هیدرواستراتیگرافی دشت لردگان

ارتفاعات زاگرس با امتداد شمال غرب- جنوب شرق تقریباً تمامی منطقه مورد مطالعه را در بر می گیرد این رشته کوه ها به تناسب ساختمان خاص زمین شناسی و نیز تکتونیک خاص خود مخازن عظیمی از آب را تشکیل داده اند. برای بررسی نقشی که این ارتفاعات در تغذیه لایه های آبدار محدوده مورد مطالعه می تواند داشته باشد ارتفاعات در برگیرنده منطقه را از نظر نفوذ پذیری می توان به گروه های زیر تقسیم نمود:

##### ۴-۱- کارست و رسوبات متخلخل

سازندهای آهکی کرتاسه با توجه به وجود کثرت درز و شکاف و گسل ها در آنها و همین طور گسترش آنها در ارتفاعات از نظر پدیده کارستیفیکاسیون حائز اهمیت هستند. بنابراین این سازندها می توانند از نظر مخازن کارستی در محدوده مورد مطالعه از اهمیت خاصی برخوردار باشند. این سازندها به عنوان آبخوان اصلی کربناته محسوب شده و ستیغ ارتفاعات را تشکیل می دهند.

وجود درزه، شکستگی، خلل و فرج فراوان در این آهک ها باعث توسعه کارست در آنها شده و نفوذ پذیری قابل ملاحظه ای را دارا می باشند. بر این اساس درصد زیادی از بارش های جوی جذب سازند مذکور شده و تشکیل مخازن خوبی از منابع آب کارست را می دهند (جدول ۱).

سازند بختیاری با سن پلیوسن نیز از نظر آب های زیرزمینی دارای اهمیت می باشند، چون دارای تخلخل کافی است. میزان تخلخل آن نیز توسط عوامل دیاژنتیک مانند سیمانی شدن و انحلال طبیعی سیمان و دانه ها کنترل می شود. شکستگی ها و درز و شکاف درکنگلومرای پلیوسن دارای تراکم زیاد بوده که می تواند در جذب بارندگی ها نقش مهمی ایفا نماید و درموقعی ضمن وجود موقعیت ساختمانی مناسب توانسته است تشکیل مخازن کوچکی را بدهد.

##### ۴-۲- گروه تشکیلات نفوذ ناپذیر

این گروه از نظر چینه شناسی شامل لایه های مارن و گچ مربوط به سازندهای گچسارن و آجاجاری بوده که تقریباً سنگ کف دشت لردگان را تشکیل می دهد و بیرون زدگیهای آن کمابیش در اواسط و حاشیه دشت مشهود است. سازندهای گورپی پابده نیز به عنوان یک واحد نفوذ ناپذیر عمل کرده و لذا از نظر موقعیت هیدروژئولوژیکی محصور کننده واحد کارستی سروک می باشد که تخلیه منابع آب سازند سروک عموماً از طریق چشمه های کنتاکتی در مرز لیتولوژیکی این دو سازند صورت می پذیرد. همچنین تشکیلات تبخیری آجاجاری و گچساران در تغیر کیفیت آب سفره زیرزمینی و سنگی منطقه اثر نامطلوب گذاشته است.

##### ۴-۳- آبرفت ها و لایه های آبدار زیر زمینی

آبرفت ها با توجه به سنگ منشأ و فاصله حمل مواد تخریبی از سنگ مادر به دو گروه عمده تقسیم می شوند.

۱- آبرفت های درشت دانه: منشأ این آبرفت ها بیشتر سنگ های آهکی بوده و در فاصله کمتری از ارتفاعات قرار دارند این نوع آبرفت ها بیشتر در قسمت های جنوب شرقی منطقه در نزدیکی ارتفاعات آهکی قرار دارند. اینگونه آبرفت ها می توانند محل بسیار خوبی جهت ذخیره آب باشد.

۲- آبرفت های ریز دانه: این آبرفت ها از تخریب سنگ های رسی و تبخیری نظیر تشکیلات گچساران بوجود می آیند و درصد زیادی از این خاک ها را مواد رسی دانه ریز تشکیل می دهند. جنس آبرفت های شمال و جنوب غرب دشت لردگان اکثراً از نوع ریز دانه می باشد. ضخامت آبرفت های ریز دانه کم بوده و حداکثر به ۲۰ متر می رسد. این آبرفت ها از لحاظ ذخیره آب نقش مؤثری ندارند.

جدول (۱) میزان تغذیه حوضه از طریق ریزش های جوی با توجه به لیتولوژی منطقه [۷]

ساختار پوششی	مساحت (کیلومتر مربع)	ضریب نفوذ درصد	میزان تغذیه (میلیون متر مکعب)
آهک کارستی آسماری	۴۲۲	۲۰	۵۳/۰۴
آهک کمپاکت	۴۲۹		
شیل و مارن و ماسه سنگ	۱۳۰	۷/۵	۲۵/۱۵۵
کنگلوмера	۱۱۳	۱۵	۱۰/۱۷
آبرفت	۷۰	۲۰	۴/۸

## ۵- افت سطح آب زیرزمینی در دشت لردگان

افت سطح آب زیرزمینی مشکلاتی همچون خشک شدن چاه های آب، کاهش دبی رودخانه و آب دریاچه ها، تنزل کیفیت آب، افزایش هزینه پمپاژ و استحصال آب و در نهایت نشست زمین را بدنبال داشته است. عوامل متعددی در تغییرات سطح آب زیرزمینی موثرند که از مهم ترین آنها می توان به خصوصیات هیدرودینامیکی آبخوان، وضعیت توپوگرافی و موقعیت مکانی عوامل تغذیه و تخلیه اشاره نمود .

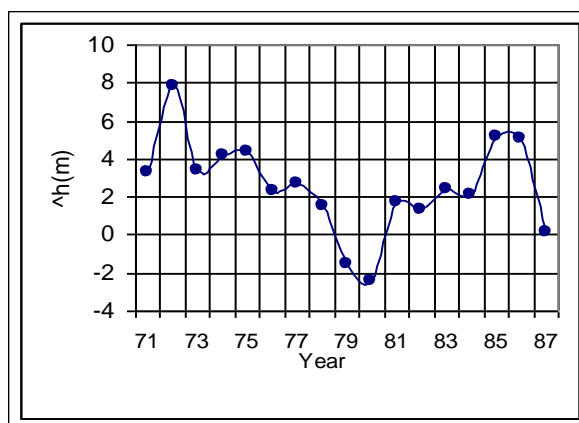
بررسی افت سطح آب زیرزمینی در دشت لردگان نشان می دهد میانگین ده ساله تخلیه چاهها برابر ۰۳۳/۳۳ میلیون متر مکعب می باشد. از این میزان قریب ۹۹۶/۲۹ میلیون متر مکعب مصرف کشاورزی و تنها ۰۳۷/۳ میلیون متر مکعب به مصارف آشامیدنی و صنعت رسیده است. تخلیه چشمه ها و قنات ها مجموعاً ۳۴۳/۱۴۸ میلیون متر مکعب می باشد. با توجه به روش های آبیاری سنتی و بافت اراضی حدود ۲۰ درصد از این میزان مجدداً به سفره زیرزمینی برگشت می شود که برابر ۹۹۴/۱۵ میلیون متر مکعب خواهد شد. از کل ریزش های جوی بر سطح حوضه که برابر ۴/۷۱۰ میلیون متر مکعب بوده است. قریب ۶۳۵/۶۱۳ میلیون متر مکعب آن نفوذ نداشته و بصورت تبخیر و یا رواناب سطحی جاری می شود که با احتساب نفوذ ۱۰ درصد از ریزش های جوی به سفره های زیرزمینی رقم ۳۶۴/۶۱ میلیون متر مکعب را شامل می گردد. طبق محاسبات بیان سالانه مجموع عوامل تغذیه ۹۶/۱۸۳ میلیون متر مکعب و مجموع عوامل تخلیه ۹۱۹/۱۸۵ میلیون متر مکعب است، در نتیجه کسری مخزن رقمی حدود ۲ میلیون متر مکعب در سال می باشد که با توجه به وسعت ۶۷ کیلومتر مربعی آبخوان این کسری رقم قابل توجهی می باشد [۷](جدول ۲).

افت سطح آبهای زیرزمینی باعث افزایش تنش موثر در آبخوان دشت و افزایش تنش موثر باعث تحکیم لایه های سیلتی و رسی (Aquitard) در آبخوان می گردد. تحکیم این لایه ها باعث تراکم برگشت ناپذیر در آبخوان می گردد.

جدول (۲) بیلان مقدماتی دشت لردگان، میانگین ۱۰ ساله آبی اخیر لغایت ۸۸-۸۷ [۷]

اجزاء بیلان	تغذیه سالیانه (میلیون متر مکعب)	تخلیه سالیانه (میلیون متر مکعب)
تغذیه از طریق ریزش های جوی بر سطح حوضه	۷۶۵/۹۶	
تغذیه از طریق آب برگشتی	۹۹۴/۱۵	
تغذیه از طریق نهرها	۸۳۷/۹	
تغذیه از طریق رواناب سطحی	۳۶۴/۶۱	
تغذیه از طریق حوضه های مجاور	ندارد	
مجموع عوامل تغذیه در محدوده بیلان	۹۶/۱۸۳	
تخلیه از طریق منابع آب زیرزمینی		۳۷۶/۱۸۱
تخلیه از طریق تبخیر از سطح سفره زیرزمین		۵۴۳/۴
تخلیه از طریق سفره های مجاور حوضه		....
مجموع عوامل تخلیه در محدوده بیلان		۹۱۹/۱۸۵
نتیجه بیلان		-۹۵۹/۱

با رسم نمودار میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان از ابتدای تشکیل شبکه سنجش تا کنون به این نتیجه می رسیم که سطح آب در طی این سال ها دائماً در نوسان بوده است (نمودار ۱). با توجه به این نمودار بیشترین افت سطح آب در طی سال های ۷۹ تا ۸۱ اندازه گیری شده است. به نظر می آید همین امر سبب متراکم شدن و کاهش تخلخل لایه های تشکیل دهنده آبخوان شده بطوریکه همین امر در سال های بعد سبب پیدایش آثار نشست در سطح دشت شده است.



نمودار (۱) میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی از ابتدای تشکیل شبکه سنجش تاکنون [۷]

## ۶- آثار نشست زمین در دشت لردگان

بر اساس بررسی های انجام شده افت سطح آب های زیر زمینی مهمترین عامل پیدایش آثار نشت زمین در دشت لردگان می باشد که این آثار بصورت های مختلفی از جمله لوله زایی از سطح زمین قابل مشاهده است (شکل ۱). آثار نشست در دشت لردگان مربوط به عکس العمل طبیعی آن در مقابل بهره برداری بیش از اندازه از منابع آب های زیرزمینی است. کاهش

سطح آب زیرزمینی در سفره آبخوان موجب متراکم شدن سفره شده، این تراکم نتیجه رابطه ساده بین کاهش سطح ایستابی و افزایش استرس عمودی ناشی از عدم تحمل بار طبقات بالایی توسط آبخوان است.



شکل (۱) نمونه ای از آثار نشست در دشت لردگان

## ۷- نتیجه گیری

طبق بررسی های انجام شده افت سطح آب های زیر زمینی مهمترین عامل پیدایش آثار نشت زمین در دشت لردگان می باشد. لذا به عنوان راهکار دراز مدت بر مبنای تجربه سایر کشورها چاره ای جز اصلاح روشهای مدیریت منابع آب وجود ندارد.

با توجه به کسری مخزن این پدیده در آینده هم ادامه خواهد داشت و زمین های کشاورزی و تاسیسات سطح زمین در معرض آسیب فرار دارند. به عنوان راهکار کوتاه مدت و اضطراری می توان از ادامه فعالیت چاههای غیر مجاز جلوگیری نمود. در غیر اینصورت و با روند موجود ضمن از دست دادن بخش عظیمی از منابع آب برای همیشه، پدیده هایی نظیر فروچاله ها و فرونشست های ناحیه ای با ابعاد نامعلوم و با آسیب های جبران ناپذیر در دشت لردگان بوقوع خواهد پیوست. اگر چه ممکن است در اثر بالا آمدن سطح آب ذخائر زیرزمینی تقویت و تجدید گردد، ولی باید در نظر داشت که افت سطح آب زیرزمینی باعث تراکم غیر قابل برگشت آبخوان در لایه ریزدانه سیلتی و رسی گردیده و کاهش حجم آبخوان و تغییر شیب و جهت آبهای سطحی و زیرزمینی در آن همیشگی است. بنابراین بالا آمدن سطح آب نمی تواند ذخائر از دست رفته را کامل نماید.

## مراجع

۱. خلخالی، غلامعلی ( ۱۳۷۳ ). ویژگی های طبیعی منابع آب زیرزمینی و اهمیت آن در ایران، مجموعه مقالات کنفرانس ملی منابع آب زیرزمینی، سیرجان .
۲. لشکری پور، غلامرضا، غفوری، محمد، سویزی، زینب و پیوندی، زکیه ( ۱۳۸۴ ). افت سطح آب زیرزمینی و نشت زمین در دشت مشهد، مجموعه مقالات نهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، صفحات(۱۳۲- ۱۲۴)
۳. بلورچی، م ج.، ۱۳۸۴، احتمال فرونشست زمین در اراضی وسیعی از تهران، پایگاه خبری شریف نیوز

۴. امیری، م.، نظری پویا، ه.، مظاهری، ح.، ۱۳۸۳، علل و مکانیسم وقوع فروچاله ها در دشت فامنین کبودرآهنگ، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۱۸۷ - ۱۷۲ : ۷۳
۵. خورسندی آقایی، الف.، عبدالی، م.، ۱۳۸۵، بررسی پدیده فرونشینی زمین دشت همدان با دیدگاه متفاوت، مطالعه موردی: فرونشینی زمین طرح تغذیه مصنوعی جنوب نیروگاه. مجموعه مقالات دهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه تربیت مدرس، ص ۱۴۱-۱۳۵
۶. لشکری پور، غ.ر.، غفوری، م.، کاظمی گلیان، ر.، دم شناس، م.، ۱۳۸۶، نشست زمین در اثر افت سطح آب های زیرزمینی در دشت نیشابور، پنجمین همایش زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، ص ۱۰۹۲ - ۱۰۸۲
۷. شرکت آب منطقه ای چهارمحال و بختیاری، ۱۳۸۸، آمار سال های ۱۳۶۰ تا ۱۳۸۸، بانک اطلاعات معاونت مطالعات پایه منابع آب

8. Alipour, A., Motagh, M., Sharifi, M., & Walter, T.R., 2008. Satellite radar interferometry time series analysis of land subsidence caused by groundwater overexploitation in Tehran, Iran. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 10, EGU2008-A-10684.
9. Mousavi, S.M., Shamsai, A., Khamehchiyan, M., (1998). Land subsidence in Rafsanjan plain, Iran, *Proc. Conf. IAEG*, 4: 2395-2400.
10. Mousavi, S. M, Shamsai, A., El Naggar, M. H., Khamehchian, M. (2001). A GPS-based monitoring program of land subsidence due to groundwater withdrawal in Iran, *Can. J. Civ. Eng.*, 28: 452-464
11. Qi-yan FENG., Gang-jun, LIU., Lei, MENG., Er-jiang, FU., Hai-rong, ZHANG ., Ke-fei, ZHANG ., 2008. Land subsidence induced by groundwater extraction and building damage level assessment — a case study of Datun, China, *J China Univ Mining & Technol* 18 (2008) 0556-0560
12. Baldi, P., Casula, G., Cenni, N., Loddo, F., Pesci, A., 2009. GPS-based monitoring of land subsidence in the Po Plain (Northern Italy), *Earth and Planetary Science Letters* 288 (2009) 204-212
13. Chen, Chieh-Hung., Wang, Chung-Ho., Hsu, Ya-Ju., Yu, Shui-Beih., Kuo, Long-Chen., 2010. Correlation between groundwater level and altitude variations in land subsidence area of the Choshuichi Alluvial Fan, Taiwan, *Engineering Geology* 115 (2010) 122-131