

## بررسی عملکرد شبکه پخش سیلاب موغار اردستان در تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی<sup>۱</sup>

جعفر کیا حیرتی<sup>۲</sup> سید سعید اسلامیان<sup>۳</sup> حسین خادمی<sup>۴</sup> امیرحسین چرخایی<sup>۵</sup>

### چکیده

یکی از راه‌حل‌های کارآمد و مناسب برای بهینه‌سازی استفاده از رواناب به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، استفاده از شبکه‌های پخش سیلاب است، که ضمن کاهش خسارات ناشی از سیل، در تغذیه مصنوعی سفره آب زیرزمینی، احیای مراتع و بیابان‌زدایی موثر است. هدف از این تحقیق، بررسی عملکرد شبکه پخش سیلاب موغار در تغذیه مصنوعی و نقش آن در بهبود کیفیت سفره آب زیرزمینی منطقه اردستان است. با مطالعه آمار سطح آب زیرزمینی چاه‌های مشاهده‌ای در منطقه، آزمایش‌های نفوذپذیری و نمونه‌برداری از رسوبات برجای مانده در نوارهای پخش سیلاب و خاک‌های طبیعی منطقه پخش و نیز اندازه‌گیری ویژگی‌های شیمیایی نمونه سیلاب در نوارهای پخش سیلاب و چاه‌های موتوری منطقه مورد مطالعه مشخص گردید که طی چهار نوبت آبیاری در نوارها، بیش از ۱۰۰۰۰۰ تن رسوبات ریزدانه با متوسط ضخامت ۴۳ سانتی‌متر که عمدتاً ذرات سیلت می‌باشند، در پنج نوار انباشته شده است. از آنجایی که مقدار شن رسوبات از نوار اول تا پنجم کاهش و در مقابل مقدار رس در رسوبات افزایش یافته، سرعت نفوذ آب از ۱/۳۵ سانتی‌متر در ساعت در نوار اول به ۰/۶۵ سانتی‌متر در ساعت در نوار پنجم کاهش پیدا می‌کند. بستر نوارهای پخش سیلاب به سبب وجود سله سطحی متراکم در سطح خاک از نفوذپذیری بالایی برخوردار نیست. آبیاری نوبت دوم با افزایش متوسط ۵۰ سانتی‌متر سطح آب زیرزمینی نسبت به سایر آبیاری‌ها بیشترین تاثیر را در افزایش سطح سفره آب زیرزمینی منطقه داشته است. کاهش نفوذپذیری در سطوح رسوب گرفته شده نوارها، هدررفت سیلاب با کیفیت بسیار خوب از طریق تبخیر، بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی به‌ویژه در فصول خشک و وقوع خشکسالی‌های اخیر با شدت بالا، سبب کاهش تاثیر شبکه در افزایش رقوم سطح و کیفیت آب زیرزمینی منطقه شده است. چنانچه در خصوص کاهش گل‌آلودگی سیلاب ورودی و رسوب‌زدایی شبکه‌های پخش سیلاب چاره‌اندیشی نشود، بخش قابل توجهی از آب ذخیره‌شده در نوارها قبل از نفوذ به‌صورت تبخیر هدر خواهد رفت. بنابراین توصیه می‌شود که طرح‌های آبخیزداری در قالب طرح جامع آبخیزداری انجام پذیرد که این خود سبب افزایش نسبت سود به زیان این گونه طرح‌ها به دلیل کاهش گل‌آلودگی سیلاب خواهد شد.

**واژه‌های کلیدی:** پخش سیلاب، تغذیه مصنوعی، نفوذپذیری، افت سطح سفره آب زیرزمینی و کیفیت منابع آب زیرزمینی.

۱- تاریخ دریافت: ۸۰/۳/۱۲، تاریخ تصویب نهایی: ۸۰/۱۱/۲۹

۲- کارشناس ارشد بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۳- استادیار گروه آبیاری دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

۴- استادیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

۵- استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری

**مقدمه**

سطح وسیعی از ایران را مناطق خشک و بیابانی تشکیل می‌دهد. بارندگی در این نواحی پراکنش مناسبی ندارد معمولاً به صورت رگبارهای شدید توام با سیلاب‌های مخرب است که نه تنها خسارات زیادی به طبیعت و منافع مردم وارد می‌آورد، بلکه آب به راحتی و خیلی سریع از دسترس خارج می‌شود. بهره‌گیری از این جریان از دیرباز مورد توجه کشاورزان مناطق مختلف ایران بوده است (۲، ۳ و ۱۱). اکنون از روش‌های مختلف مهار، بهره‌برداری و نفوذ دادن سیلاب به داخل سفره‌های آب زیرزمینی که ترکیبی از روش‌های سنتی مثل بند سار، خوشاب و آبیاری سیلابی از یک سو و الگوبرداری از روش‌های متداول در سایر کشورها به ویژه آمریکا، مکزیک، هند و پاکستان از سوی دیگر بوده است، استفاده می‌شود (۲، ۴ و ۱۴).

در دهه‌های اخیر پخش سیلاب<sup>۱</sup> (یکی از روش‌های غیرمستقیم تغذیه مصنوعی<sup>۲</sup>) شیوه‌ای برای انحراف سیلاب‌ها از مسیر متعارف یک آبراهه و مسیل و پخش آن با اجرای عملیات ساختمانی در زمان و مکان مساعد به‌ویژه در بافت‌های درشت و سنگریزه‌دار مخروطه‌افکنه‌های دارای شیب متوسط نواحی نیمه‌کوهستانی، نیمه‌خشک و خشک به‌شمار می‌آید (۲، ۷، ۱۱ و ۱۴). از فواید کاربرد شبکه پخش سیلاب و سایر روش‌های تغذیه مصنوعی، بهبود زراعت، احیا و تقویت مراتع، تغذیه آبخوان‌ها و کاهش زیان‌های مالی و جانی سیل است (۲، ۳، ۷، ۱۱، ۱۳ و ۱۴).

وقوع خشکسالی‌ها، به‌ویژه در سال‌های اخیر، و به‌دنبال آن بهره‌برداری بی‌رویه و غیراصولی از منابع آب زیرزمینی و کاهش پوشش گیاهی در حوزه‌های آبخیز بخصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک، انگیزه مهارکردن سیلاب‌های فصلی را از طریق طراحی و احداث شبکه‌های پخش سیلاب تقویت کرده است (۸ و ۱۲).

در ارزیابی طرح‌های پخش سیلاب، بصیرپور و موسوی (۱۳۷۴) کاهش نفوذپذیری از ۲ متر در روز در استخرهای تغذیه رامشه به ۰/۵ متر در روز را گزارش کرده‌اند و علت آن را به تنه‌شینی مواد معلق موجود در سیلاب و ایجاد لایه‌ای سخت (سله) با نفوذپذیری کم در سطح خاک نسبت داده‌اند. زارع (۱۳۷۵) نفوذپذیری عرصه پخش سیلاب چنداب ورامین را به‌طور متوسط ۴/۳ سانتی‌متر بر ساعت و نفوذپذیری رسوبات برجای مانده در نوارهای پخش سیلاب منطقه را به‌طور متوسط ۰/۱ سانتی‌متر بر ساعت گزارش کرده و کاهش نفوذپذیری رسوبات را به وجود کانی‌های رسی قابل انبساط از قبیل مونت موریلونیت و ایلیت و ضخامت زیاد رسوبات (۳۰ سانتی‌متر) نسبت داده است. دادرسی (۱۳۷۹) کاهش حدود ۵۰ درصد افت سطح سفره آب زیرزمینی منطقه در مقایسه با سال قبل از اجرای طرح شبکه پخش سیلاب سبزوار را به پایین بودن گل‌آلودگی سیلاب و آبیگری نوارها همراه با نفوذپذیری مناسب محل اجرای طرح نسبت داد.

نبودن آمار و اطلاعات دقیق حاصل از مطالعات مقدماتی اجرایی طرح پخش سیلاب موغار از قبیل کیفیت سیلاب‌ها، حجم دبی و گل‌آلودگی سیلاب و نداشتن نتایج تجزیه شیمیایی آب چاه‌ها قبل و بعد از آبیگری طرح، از محدودیت‌های اطلاعاتی این تحقیق است. هدف از این تحقیق، ارزیابی تاثیر اجرای طرح پخش سیلاب موغار در تغذیه سفره آب زیرزمینی منطقه و شناخت کیفیت آب زیرزمینی است.

**مواد و روش‌ها**

منطقه مورد مطالعه در جنوب‌غربی روستای موغار، در ۲۵ کیلومتری شهرستان اردستان و سه راهی اردستان به نطنز واقع شده است. منطقه براساس روش پیشنهادی کریمی (۱۳۶۶) دارای اقلیم خشک گرم با زمستان‌های نیمه‌سرد است که در بهار نیمه‌مرطوب، در تابستان گرم و خشک و در پاییز و زمستان سرد است. متوسط بارندگی و دمای منطقه به ترتیب ۹۰ میلی‌متر و ۱۶ درجه سانتی‌گراد است.

۱ - Floodwater Spreading

۲ - Artificial Recharge

**عملیات صحرائی****الف) نمونه برداری خاک و رسوب**

در مرحله اول شبکه پخش سیلاب ۷ نوار به طول ۱۲۵۰ متر و به عرض متوسط ۱۰۰ متر احداث شده که پخش سیلاب از تاریخ احداث (۱۳۷۳) تا سال ۱۳۷۹ باعث رسوبگیری ۵ نوار از ۷ نوار شده است. در هریک از نوارهای رسوبگیری شده، چهار نیمرخ به فاصله ۳۰۰ متر به طور تصادفی در قسمتی از سطح نوار که در آن رسوب ته نشین شده بود و نیز در طول مخروطه افکنه به طول ۱۵ کیلومتر و به فاصله هر ۵ کیلومتر از راس مخروطه افکنه حفر گردید. همچنین در قسمتی از همان نوارها که فاقد رسوب بود، یک نیمرخ به عنوان شاهد حفر شد. نمونه های خاک و رسوب بر اساس تغییرات ریخت شناسی از لایه های متفاوت خاک عرصه پخش (فاقد رسوب) و بخش رسوبگیری شده نوارها (۱ تا ۵) جهت تجزیه فیزیکی و شیمیایی برداشته شد.

**ب) اندازه گیری شدت نفوذ آب**

از آنجاکه سرعت نفوذپذیری در تغذیه طبیعی و مصنوعی سفره آب زیرزمینی اهمیت زیادی دارد، اندازه گیری شدت نفوذ آب در بستر نوارها (۱ تا ۵) و عرصه پخش سیلاب و در طول مخروطه افکنه (خاک طبیعی منطقه) به کمک استوانه مضاعف در مجاورت نیمرخ های حفر شده انجام شد. استوانه مذکور دارای مشخصات ارتفاعی ۴۵ سانتی متر و قطر استوانه بیرونی و درونی به ترتیب ۳۳ و ۲۶ سانتی متر بود. برای اندازه گیری نفوذپذیری در سطوح نوارهای رسوبگیری شده (۱ تا ۵)، به دلیل وجود درز و شکاف های زیاد و عمیق از یک استوانه به ارتفاع ۲۵ سانتی متر و قطر ۱۵ سانتی متر استفاده شد. در این قسمت ابتدا برای رفع مشکل نفوذ سریع آب در شکاف های عریض و عمیق، در سطحی از رسوب برابر با قطر استوانه آب ریخته شد تا درز و شکاف ها بسته شود و پس از خشک شدن، میزان نفوذپذیری در مجاورت نیمرخ های حفر شده اندازه گیری گردید.

بیشترین بارش در منطقه مربوط به ماه های بهمن و اسفند و کمترین آن مربوط به ماه های تیر و مرداد است. در این منطقه جریان های سیلابی از رودخانه های گل آباد و طرق که در بالادست روستای ایبازن یکی می شوند، سرچشمه می گیرد. بهره برداری از آب های زیرزمینی در منطقه به وسیله یک رشته قنات و بیش از ۶۰ حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق موتوری صورت می گیرد (۱).

**مشخصات کلی عرصه پخش سیلاب**

محل اجرای تاسیسات آبیگری در طول جغرافیایی ۸' ۵۲° تا ۱۰' ۵۲° شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰' ۳۳° تا ۳۳' ۳۳° شمالی در ۴ کیلومتری جنوب غربی روستای موغار، در ارتفاع ۱۳۰۰ متر از سطح دریا واقع شده است. طرح مزبور در زمینی با مساحت ۳۰۰ هکتار و با در نظر گرفتن رواناب به میزان ۱۰۵ مترمکعب بر ثانیه با دوره برگشت ۱۰۰ ساله طراحی شده است. بنابر نظر کارشناسان آبخیزداری استان اصفهان، چنانچه طرح به خوبی آبیگری شود، قادر است سالانه به طور متوسط ۱/۵ میلیون مترمکعب آب را در خود ذخیره کند. مساحت حوزه های طرق و گل آباد که سیلاب آنها به این منطقه وارد می شود، در مجموع ۱۲۰۰ کیلومتر مربع است که بر روی تشکیلات زمین شناسی متفاوت از قبیل پلمه سنگ، جوش سنگ، ماسه سنگ، آهک، آندزیت و دولومیت قرار گرفته است (۱ و ۸).

این طرح با طراحی و نظارت مدیریت آبخیزداری استان اصفهان و توسط اداره آبخیزداری اردستان در دو مرحله با صرف هزینه ای بالغ بر ۱۰۰۰۰۰۰۰۰ ریال به منظور جلوگیری از تخریب منازل مسکونی و زمین های زراعی منطقه به وسیله سیلاب، تغذیه مصنوعی سفره آب زیرزمینی جهت تامین آب شرب و تغذیه قنات و چاه های موتوری برای مصارف کشاورزی، رشد و توسعه پوشش گیاهی و جلوگیری از گسترش و پیشروی بیابان طی سال های ۱۳۷۳ تا ۱۳۷۵ اجرا شده است (۱). این شبکه دارای ۱۴ استخر تغذیه است.

چاه‌های مشاهده‌ای شماره‌های ۴، ۵، ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ در زمان آبیگری طرح و ماه بعد از آبیگری صورت پذیرفت. پخش سیلاب مוגار در ۴ نوبت، اسفندماه ۱۳۷۴، دی‌ماه ۱۳۷۵، تیرماه ۱۳۷۶ و مردادماه ۱۳۷۷ به ترتیب دو، پنج، دو و هفت نوار آبیگری شده است (۱).

در قسمت دوم به‌منظور بررسی روند نوسانات سطح ایستابی در کل محدوده مورد مطالعه، نخست با استفاده از موقعیت چاه‌های مشاهده‌ای، شبکه تیسین (۶) رسم شد. مساحت مربوط به هر چاه با استفاده از سطح‌سنج به‌دست آمد. با استفاده از ارقام ارتفاع مطلق سطح آب چاه‌ها و رابطه تیسین (۶)، میانگین ارتفاع مطلق سطح آب چاه‌ها از فروردین‌ماه ۱۳۷۱ تا اسفندماه ۱۳۷۸ محاسبه شد. همچنین به‌منظور بررسی جهت حرکت آب‌های زیرزمینی، نقشه هم‌پتانسیل منطقه با استفاده از نرم‌افزار SURFER نسخه ۵/۳ تهیه گردید.

#### تحلیل آماری

تحلیل آماری برای مقایسه میانگین ویژگی‌های اندازه‌گیری‌شده (خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه‌ها و سرعت نفوذپذیری) با انجام آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار دانکن در سطح ۵ درصد به کمک نرم‌افزار SAS نسخه ۶/۲ صورت پذیرفت.

## نتایج

### نفوذپذیری

از مهمترین عوامل موثر در طرح‌های پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی، میزان نفوذپذیری در عرصه آن است. نفوذپذیری بستر پخش سیلاب عامل اساسی نفوذ آب و موثر بر طول عمر مفید این‌گونه طرح‌هاست.

### الف) تغییرات نفوذپذیری در طول مخروطه‌افکنه

براساس انجام آزمایش نفوذپذیری محدوده پخش سیلاب در سال ۱۳۷۸، سرعت نفوذ آب به‌طور متوسط ۸ سانتی‌متر بر ساعت و بیشترین مقدار سرعت نفوذ در دقیقه اول، ۷۸/۹ سانتی‌متر بر ساعت بوده است. سرعت نفوذپذیری از راس مخروطه‌افکنه

آنگاه به کمک معادله کوستیاکوف<sup>۱</sup> (۶) میزان نفوذ جمعی اندازه‌گیری شد.

### عملیات آزمایشگاهی

#### الف) تعیین بافت و حجم رسوب

درصد ذرات شن، لای و رس نمونه‌ها با روش آب‌سنجی و وزن مخصوص ظاهری رسوبات با روش کلوخ‌های اندودشده به پارافین اندازه‌گیری شده است (۵). با در نظر گرفتن طول نوارها، متوسط عمق رسوبات و وزن مخصوص ظاهری رسوبات در هریک از نوارها (۱ تا ۵)، حجم کل رسوب ته‌نشین‌شده در نوارها طی چهار نوبت محاسبه شد.

#### ب) بررسی کیفی منابع آب زیرزمینی

به‌منظور بررسی کیفیت آب زیرزمینی محدوده مورد مطالعه، با استفاده از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ منابع آب زیرزمینی اردستان - نطنز، ۶۰ حلقه چاه موتوری انتخاب و در اردیبهشت‌ماه ۱۳۷۹ نمونه‌برداری از آنها انجام گرفت. نتایج کیفیت آب در این زمان با کیفیت آب چهارحلقه موجود در منطقه طی سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۷۸ مقایسه و تحلیل شد. در تمام نمونه‌ها، عوامل EC (هدایت الکتریکی)، SAR (نسبت جذب سدیم)، کلر، کربنات و سولفات محلول اندازه‌گیری شدند (۱۲).

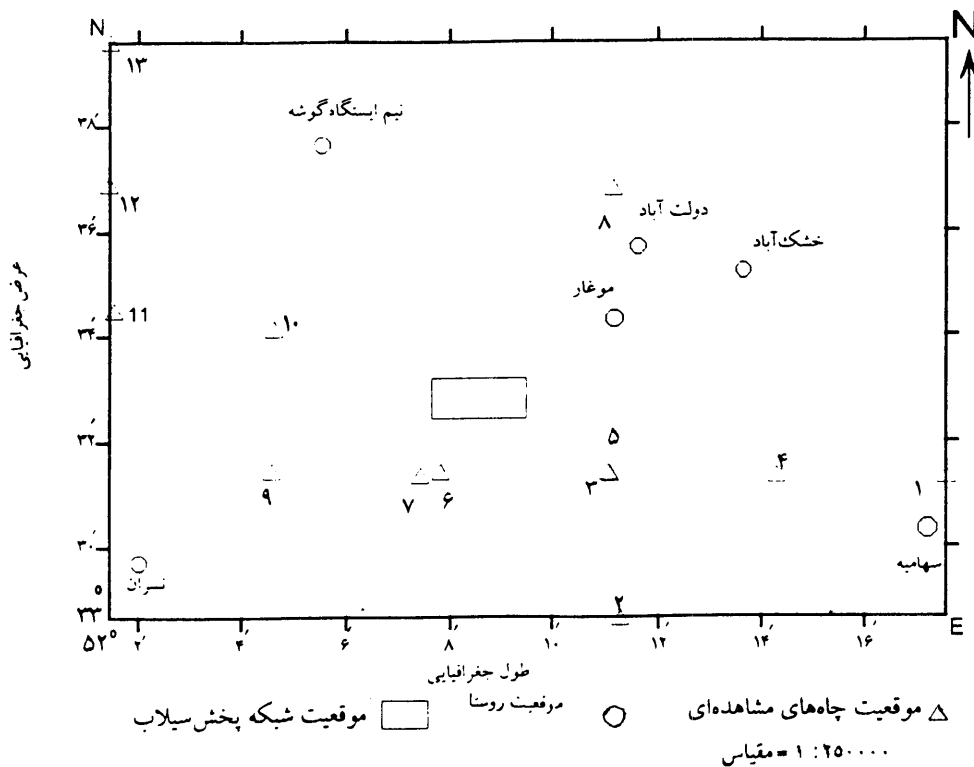
#### ج) شیوه ارزیابی اثر اجرای طرح بر نوسانات

#### سطح سفره آب زیرزمینی

به‌منظور بررسی آثار پخش سیلاب مוגار بر نوسانات سطح سفره آب زیرزمینی، ابتدا محدوده‌ای به وسعت ۸۱۵ کیلومترمربع با مختصات جغرافیایی ۵۱° ۵۹' تا ۵۲° ۲۰' شرقی و ۳۳° ۲۵' تا ۳۳° ۴۱' شمالی در نظر گرفته شد. سپس به کمک نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ منابع آب زیرزمینی اردستان - نطنز، ۱۳ حلقه چاه مشاهده‌ای انتخاب (شکل ۱) و آمار مربوط به ارتفاع مطلق سطح آب (تفاضل مطلق نقطه نشانه چاه با عمق سطح آب از نقطه نشانه) در محدوده زمانی فروردین‌ماه ۱۳۷۱ تا اسفندماه ۱۳۷۸ استخراج شد. این بخش از مطالعات در دو قسمت انجام شده است. در قسمت اول، بررسی نوسانات سطح آب

<sup>۱</sup> - Kostiaikov

به طول ۱۵ کیلومتر در هر ۵ کیلومتر به ترتیب ۱۶، ۱۵، ۱۶/۶ و ۵/۵ سانتی‌متر در ساعت است.



شکل ۱- موقعیت شبکه پخش سیلاب و چاه‌های مشاهده‌ای در محدوده مطالعاتی

متوسط مناسب برای انجام این‌گونه طرح‌ها ۳۰ سانتی‌متر در ساعت به‌دست آمده است (۹).

#### ب) نفوذپذیری در نوارهای پخش سیلاب

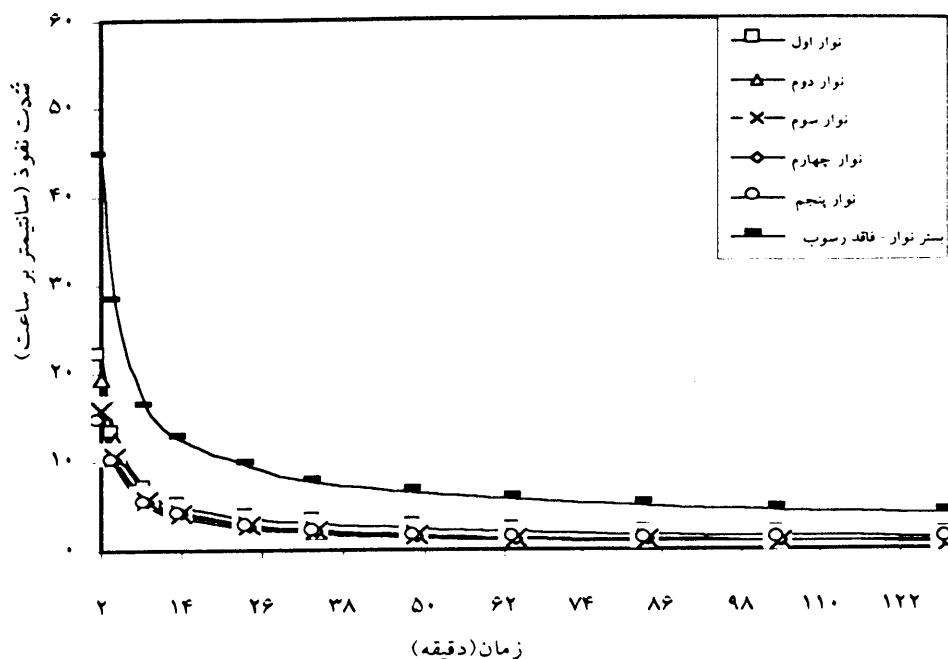
روند تغییرات نفوذپذیری در سطوح رسوبگیری شده نوارهای پخش سیلاب (۱ تا ۵) در شکل ۲ نشان داده شده است و نشان از این مطلب دارد که در همه نوارها، حتی نوار پنجم که ضخامت و حجم رسوبات انباشته‌شده نسبت به نوار اول بسیار کم است (جدول ۱)، سرعت نفوذپذیری در لحظه‌های اولیه بشدت کاهش می‌یابد. در نوار پنجم متوسط نفوذپذیری از ۱۴ سانتی‌متر در ساعت به ۰/۸۵ سانتی‌متر در ساعت کاهش پیدا می‌کند (شکل ۲).

بخش رسوبگیری شده نوارهای پخش سیلاب به سبب برخورداری بیشتر از ذرات رس و لای در لایه‌های سطحی نسبت به عرصه فاقد رسوب پخش سیلاب، بمراتب از نفوذپذیری کمتری برخوردار است

به‌رغم اینکه خاک طبیعی منطقه دارای مقادیر قابل توجهی سنگریزه (به‌طور متوسط ۵۵ درصد) بوده و بافت آن نیز خیلی سنگین نیست، ولی وجود سله سطحی متراکم و لایه‌ای با بافت نسبتاً سنگین در نزدیکی سطح خاک و بالا بودن قلیابیت و به تبع آن پراکندگی ذرات خاک و مسدود شدن خلل و فرج (میزان یون سدیم از ۱۵ میلی‌اکی والان در لیتر در سطح خاک به ۱۶۷ میلی‌اکی والان در لیتر در عمق ۸۱ سانتی‌متر افزایش می‌یابد)، سبب کاهش نفوذپذیری خاک‌های طبیعی منطقه می‌شود. به عبارت دیگر، در مکان‌یابی شبکه پخش سیلاب منطقه، میزان متوسط نفوذپذیری خاک عرصه با مقدار مناسب جهت انجام طرح انتخاب نشده است. با توجه به مطالعات منطقه‌ای و طرح‌های تغذیه مصنوعی اجراشده در کشور، مقدار نفوذپذیری

۳۷٪، وجود برخی از کانی‌های متورم‌شونده و در نتیجه بسته شدن خلل و فرج رسوبات بر اثر مرطوب شدن نسبت داد. بصیرپور و موسوی (۱۳۷۴) و زارع (۱۳۷۵)، تشکیل لایه‌های رسوبی با ضخامت زیاد را یکی از عوامل کاهش نفوذپذیری نوارها و استخرهای تغذیه ذکر کرده‌اند.

(جدول ۱، ۲ و شکل ۲). براساس جدول ۲ از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین سرعت نفوذ بستر نوارهای پخش سیلاب (شاهد) با سطح رسوب گرفته شده نوارها (۱ تا ۵) وجود دارد. سرعت نفوذ نهایی در نوار پنجم بمراتب کمتر از نوار اول است. با توجه به جدول ۱، علت را می‌توان به وجود ذرات ریزدانه به‌ویژه رس بیشتر در نوار پنجم (معادل ۵۳/۸٪) با ساختمان ورقه‌ای شکل در مقایسه با نوار اول (معادل



شکل ۲- مقایسه میانگین سرعت نفوذ در نوارهای شبکه پخش سیلاب با بستر

جدول ۱- برآورد خصوصیات کلی رسوبات برجای مانده در نوارهای متفاوت و خاکهای

اراضی شبکه پخش سیلاب (شاهد)

شماره نوار	متوسط ارتفاع رسوب (سانتی‌متر)	برآورد میزان رسوب (تن)	رس %	سیلت %	شن %	عرض بخش رسوبگیری شده (نوارها/متر)	متوسط هم وزن مخصوص ظاهری ( $g/cm^3$ )
۱	۹۱/۲۵ <sup>a</sup>	۵۰۶۶۹ <sup>a</sup>	۳۷ <sup>b</sup>	۴۸/۳ <sup>a</sup>	۱۴/۶ <sup>b</sup>	۴۸	۱/۴۵ <sup>a</sup>
۲	۶۲/۷۵ <sup>b</sup>	۳۵۷۱۲ <sup>b</sup>	۳۷/۸ <sup>b</sup>	۵۴/۹ <sup>a</sup>	۷/۱ <sup>c</sup>	۴۵	۱/۵ <sup>a</sup>
۳	۲۹/۵ <sup>c</sup>	۱۴۰۰۷ <sup>c</sup>	۴۴/۹ <sup>ab</sup>	۴۹/۵ <sup>a</sup>	۵/۵ <sup>c</sup>	۴۲	۱/۴۵ <sup>a</sup>
۴	۲۰/۷۵ <sup>c</sup>	۶۳۳۴ <sup>d</sup>	۴۶/۵ <sup>ab</sup>	۵۰/۱ <sup>a</sup>	۳/۳ <sup>c</sup>	۲۶	۱/۴۵ <sup>a</sup>
۵	۱۱/۲۵ <sup>c</sup>	۳۱۸۸ <sup>d</sup>	۵۳/۸ <sup>a</sup>	۴۶/۱ <sup>a</sup>	۱/۱ <sup>c</sup>	۲۳	۱/۴۵ <sup>a</sup>
شاهد	—	—	۱۷/۵۳ <sup>c</sup>	۱۵/۷ <sup>b</sup>	۶۸/۶ <sup>a</sup>	—	—

علائم مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ براساس آزمون دانکن است.

داد. نتایج آزمایشگاهی نیز موید این مطلب است که بافت بستر نوار اول تا عمق ۸ سانتی‌متر، شنی متوسط و بافت نوارهای دوم تا پنجم متوسط است، در صورتی که بافت لایه‌های پایین‌تر بستر نوارها (۱ تا ۵)، شنی - متوسط - رسی است.

سرعت نفوذپذیری در سطوح فاقد رسوب نوارها (۱ تا ۵) یکسان نیست و علت آن را می‌توان به تغییر بافت خاک بستر نوارها بر اثر کاهش تلاطم و سرعت سیلاب در موقع آبیگری و ته‌نشینی رسوبات با بافت ریز به‌ویژه در نوارهای سوم، چهارم و پنجم نسبت

جدول ۲- برآورد معادلات سرعت و ارتفاع نفوذ در رسوبات نوارهای متفاوت پخش سیلاب و شاهد

شماره نوار	معادله ارتفاع نفوذ F (سانتی‌متر) t (دقیقه)	معادله سرعت نفوذ I (سانتی‌متر در ساعت) T (دقیقه)	سرعت نفوذ نهایی (سانتی‌متر بر ساعت)
۱	$F = 0.10 t^{0.74} + 0.07$	$I = 0.06 t^{-0.73}$	$1/30^b$
۲	$F = 0.08 t^{0.72} - 0.03$	$I = 0.12 t^{-0.78}$	$0.78^b$
۳	$F = 0.07 t^{0.72} - 0.26$	$I = 0.14 t^{-0.78}$	$0.82^b$
۴	$F = 0.09 t^{0.71} - 0.04$	$I = 0.19 t^{-0.80}$	$0.73^b$
۵	$F = 0.11 t^{0.74} - 0.08$	$I = 0.15 t^{-0.81}$	$0.65^b$
بستر نوار (فاقد رسوب)	$F = 0.30 t^{0.71} + 0.09$	$I = 0.20 t^{-0.73}$	$4/48^a$

علائم مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن است.

دشت با توجه به شکل ۳ افزایش یافته است. پس از آبیگری طرح (فروردین‌ماه ۱۳۷۵)، به سبب کاهش بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی و جریان بیشتر آب به سمت شرق، سطح آب در چاه‌های ۴ و ۵ به میزان ۵ و ۲۰ سانتی‌متر افزایش یافته است. با آبیگری نوبت دوم طرح (دی‌ماه ۱۳۷۵)، سطح آب چاه‌های ۴ و ۶ و در بهمن‌ماه ۱۳۷۵ در تمام چاه‌ها به‌ویژه چاه‌های ۵ و ۱۰ افزایش در سطح سفره آب چاه‌ها مشاهده شده است. علت آن را می‌توان به آبیگری شبکه در فصل زمستان، کاهش آبکشی از آبخوان و برخورداری شبکه از سرعت نفوذ بالا به دلیل عدم ته‌نشین شدن رسوب ریزدانه در نوارهای انتهایی (تغذیه) نسبت داد. آبیگری‌های نوبت‌های سوم و چهارم (تیرماه ۱۳۷۶ و مردادماه ۱۳۷۷) در افزایش سطح سفره آب چاه‌ها موثر نبودند. عدم کارایی این شبکه در افزایش سطح آب چاه‌ها را می‌توان با کاهش بارندگی در حوزه آبخیز و منطقه و کاهش نفوذپذیری در سطوح نوارهای رسوب گرفته شده و خاک طبیعی شبکه مرتبط دانست.

بررسی آب‌نمای چاه‌های مشاهده‌ای منطقه، نشان‌دهنده افت بیش از حد سطح آب چاه‌ها از

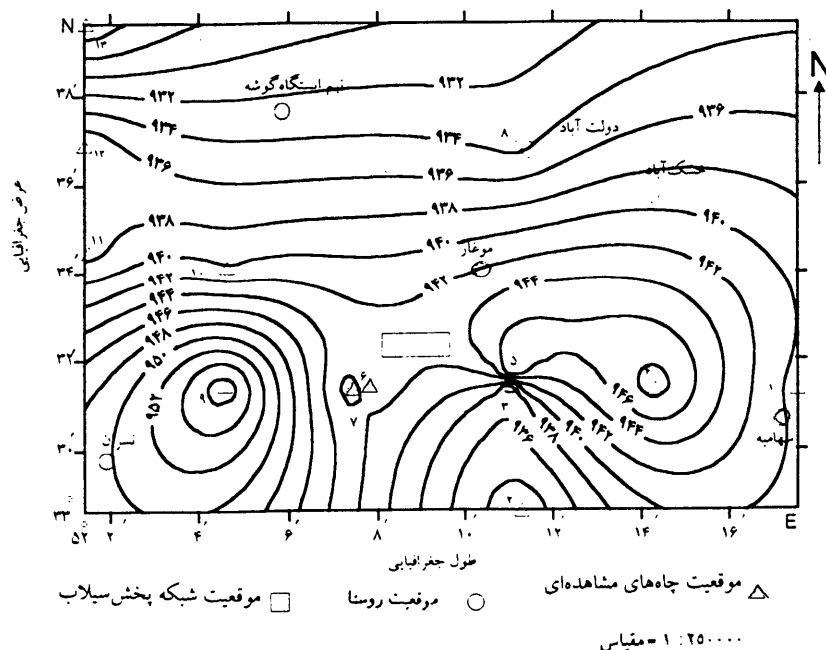
#### تاثیر شبکه پخش سیلاب موغار بر نوسانات سطح سفره آب زیرزمینی منطقه

با استفاده از ارتفاع سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای منحنی همتراز سطح ایستابی محدوده مورد مطالعه به عنوان نمونه برای مهرماه ۱۳۷۸ تهیه شد (شکل ۳). جهت کلی جریان آب زیرزمینی در منطقه اغلب از جنوب‌غرب (حوالی نسران) به سمت شرق (دولت آباد)، شمال شرق (نیم ایستگاه گوشه) و جنوب شرق (سهامیه) است، به عبارت دیگر، روند کاهش منحنی همتراز سطح آب زیرزمینی به طرف شمال، شمال‌شرق، شمال‌غرب و جنوب‌شرق به سبب تخلیه بی‌رویه از آبخوان جهت آبیاری زمین‌های زراعی بیشتر صورت می‌پذیرد.

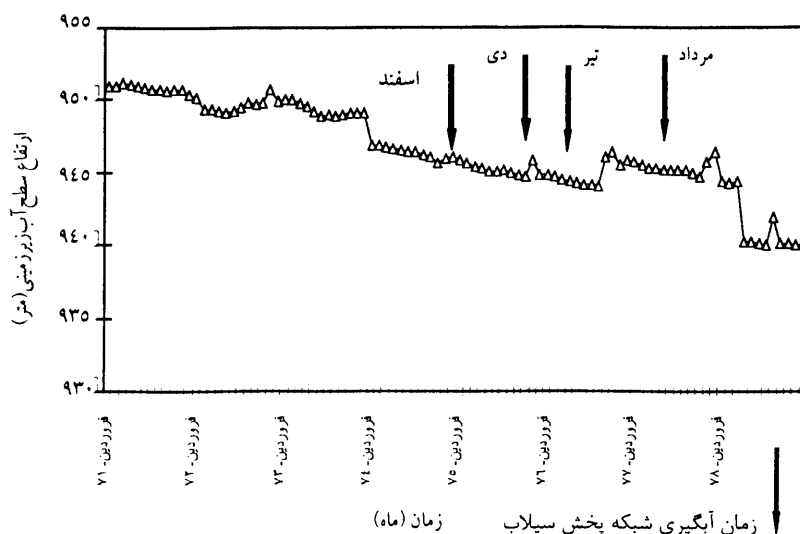
تغییرات سطح آب زیرزمینی در چاه‌های مشاهده‌ای مجاور شبکه پخش سیلاب در زمان آبیگری طرح و پس از آن در جدول ۳ آمده است. با توجه به نتایج ارائه‌شده در جدول، با اولین آبیگری نوارهای شبکه پخش سیلاب (اسفندماه ۱۳۷۴)، افزایش قابل توجهی در سطح آب چاه‌ها مشاهده نشد و فقط سطح آب چاه‌های ۵ و ۸ نسبت به ماه قبل به میزان ۵ سانتی‌متر به سبب جریان آب در شمال

بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی در افزایش سطح سفره آب زیرزمینی موثر نبوده است. بیشترین افت سطح ایستابی در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور است (شکل ۴). این موضوع با نتایج به‌دست آمده از مقایسه چاه‌های مشاهده‌ای محدوده مورد مطالعه در زمان و بعد از آبیاری طرح مطابقت دارد (جدول ۳). تشدید خشکسالی‌های اخیر، همچنین بهره‌برداری غیراصولی از منابع آب زیرزمینی به‌ویژه در فصول کم باران، موجب افت سطح سفره آب زیرزمینی خصوصا در سال ۱۳۷۸ به میزان ۴/۵ متر شده است.

فروردین‌ماه ۱۳۷۱ تا اسفندماه ۱۳۷۸ است. افت سالانه سطح آب چاه‌ها به‌طور متوسط ۱/۲ متر است. آب‌نمای واحد آبخوان که در واقع بیانگر میانگین سطح ایستابی آبخوان محدوده مورد مطالعه می‌باشد، در شکل ۴ آمده است و حکایت از تاثیر بیشتر آبیاری نوبت دوم در افزایش سطح سفره آب زیرزمینی دارد (سطح سفره آب زیرزمینی در دی‌ماه ۱۳۷۵ از تراز ۹۴۴/۷۵ متر به تراز ۹۴۵/۸۶ متر در بهمن‌ماه ۱۳۷۵ افزایش یافته است). آبیاری طرح در تیرماه ۱۳۷۶ و مردادماه ۱۳۷۷ به‌سبب بهره‌برداری



شکل ۲- منحنی تراز سطح آب زیرزمینی (متر) محدوده مورد مطالعه در مهرماه ۱۳۷۸



شکل ۴- آب‌نمای واحد محدوده مورد مطالعه از فروردین‌ماه ۱۳۷۱ تا اسفندماه ۱۳۷۸



جدول ۳- تغییرات ارتفاع مطلق سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای محل اجرای شبکه پخش سیلاب اطراف پخش مویار در زمان آبیگری طرح و ماه بعد از آبیگری (متر)

شماره چاه/پیزومتر	آبیگری طرح اسفندماه ۱۳۸۱			آبیگری طرح دی ماه ۱۳۸۵			آبیگری طرح تیرماه ۱۳۸۶			آبیگری طرح مردادماه ۱۳۸۷		
	بهن	اسفند	فروردین	آذر	دی	بهن	خرداد	تیر	مرداد	تیر	مرداد	شهریور
۸۱	—	۷/۰-	۸۸/۰-	—	۰/۰-	۸۷/۰+	—	۳/۰-	۷۸/۰-	—	۱۸/۰-	۶/۰-
	۶۰/۸۳۶	۷۸/۸۳۶	۵۶/۸۳۶	۷۶/۸۳۶	۷۵/۸۳۶	۷۸/۸۳۶	۵/۸۳۶	۶۳/۸۳۶	۷۷/۸۳۶	۷/۶۸۶	۶۵/۶۸۶	۵۵/۶۸۶
۰۱	—	۱/۰-	۵/۰-	—	۵/۰-	۸۸/۰+	—	۳/۰-	۸/۰-	—	۸/۰-	۵/۰-
	۸۸/۳۳۶	۸۸/۳۳۶	۶۵/۳۳۶	۳۳/۳۳۶	۶۸/۳۳۶	۱۶/۳۳۶	۸/۳۳۶	۶۰/۳۳۶	۸۰/۳۳۶	۶۶/۳۳۶	۳۷/۳۳۶	۶۸/۳۳۶
۷	—	۵/۰+	۸۱/۰-	—	۵/۰-	۸۷/۰-	—	۰/۰-	۸/۰-	افت شدید سطح آب		
	۳۸/۶۸۶	۶۸/۶۸۶	۸۶/۶۸۶	۳۳/۶۸۶	۶۸/۶۸۶	۶۷/۶۸۶	۶۳/۶۸۶	۶۸/۶۸۶	۸۸/۶۸۶			
۶	—	۵/۰-	۸/۰-	—	۸/۰+	۵/۰+	—	۳/۰-	۸۸/۰-	—	۵/۰-	۸/۰-
	۸۶/۷۳۶	۷۵/۷۳۶	۱۵/۷۳۶	۸۱/۷۳۶	۶۸/۷۳۶	۱۸/۷۳۶	۵۶/۷۳۶	۱۷/۷۳۶	۳۵/۷۳۶	۷/۵۳۶	۸/۵۳۶	۶۶/۳۳۶
۵	—	۵/۰+	۸/۰+	—	۱۷/۰-	۳/۰+	—	۱/۰+	۸/۰-	—	۸/۰+	۸/۰-
	۸۶/۸۳۶	۸۸/۸۳۶	۸۷/۷۳۶	۶۸/۸۳۶	۵۶/۸۳۶	۸۸/۸۳۶	۳/۷۳۶	۵/۷۳۶	۸/۷۳۶	۶۵/۸۳۶	۸۶/۸۳۶	۶۵/۸۳۶
۲	—	.	۵/۰+	—	۵/۰+	۳/۰+	—	۳/۰-	۶/۰-	—	۷/۰-	۱/۰+
	۷۸/۱۵۶	۷۷/۱۵۶	۸۸/۱۵۶	۸۸/۰۵۶	۷۸/۰۵۶	۸۷/۰۵۶	۵/۰۵۶	۶۳/۰۵۶	۰۳/۰۵۶	۶/۶۳۶	۷/۶۳۶	۱۷/۶۳۶
	بهن	۸۸	۵۸	۵۸	۵۸	۵۸	۸۸	۸۸	۸۸	۸۸	۸۸	۸۸
	اسفند	۸۸	۸۸	۵۸	۵۸	۵۸	۸۸	۸۸	۸۸	۸۸	۸۸	۸۸

عوامل تسریع روند تخریب خاک و بیابان‌زایی در منطقه باشد.

آزمایش هدایت الکتریکی آب واقع در نوارهای اول تا پنجم که نمونه‌برداری یک هفته پس از آبیگری در دی‌ماه ۱۳۷۹ به عمل آمد، نشان داد که میزان هدایت الکتریکی سیلاب به‌طور متوسط ۰/۳۵ تا ۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد و از کیفیت بسیار مطلوبی برخوردار است (۱۲). علت این موضوع، حلالیت کم املاح موجود در سازندهای بالادست حوزه آبخیز است (۸). چنانچه شبکه از نظر نفوذپذیری، تبخیر، پدیده موئینگی، شوری رسوبات انباشته‌شده و میزان گل‌آلودگی بالای سیلاب مشکلی نداشت، بهبود کیفیت منابع آب و کاهش املاح رسوبات نفوذ آب و تغذیه آبخوان انتظار می‌رفت. کاهش شوری آب چاه‌های مجاور پخش سیلاب گربایگان فسا به میزان ۲۳ درصد با دو بار آبیگری نسبت به قبل از اجرای طرح، به‌سبب نفوذ آب با کیفیت مناسب است (۱۴).

از آنجایی‌که اطلاعات کافی درخصوص کیفیت آب چاه‌ها در قبل و بعد از آبیاری شبکه و همچنین کیفیت سیلاب در دسترس نیست، می‌توان درباره آثار مثبت یا منفی شبکه پخش سیلاب مוגار بر کیفیت آب سفره‌های زیرزمینی منطقه قضاوت درستی کرد.

حوزه آبخیز بالادست شبکه پخش سیلاب مוגار به دلیل غالبیت سنگ‌های رسوبی و آتشفشانی، دارای مقاومت نسبی پایین به فرسایش آبی و همچنین چرای بی‌رویه در مراتع ضعیف حوزه آبخیز در گذشته و حال به‌سبب عدم مدیریت صحیح در امر بهره‌برداری، شدت فرسایش خاک بالایی را به همراه داشته است. از این‌رو رواناب و جریان‌های سطحی از حوزه آبخیز توام با فرسایش خاک بوده و مواد محموله آن بیشتر از رسوبات ریزدانه به‌ویژه ذرات سیلت است (۸). بنابراین به‌منظور رفع چنین مشکلی باید به طرق مختلف فرایندهای جدا شدن ذرات خاک (توسط باران و رواناب) و حمل مواد رسوبی (از طریق سیلاب) در حوزه آبخیز کندتر شود (۴). برای مهارکردن و کاهش رسوب در حوزه آبخیز مورد

متوسط عمق سطح آب زیرزمینی محدوده مورد مطالعه طی سال‌های ۱۳۷۱ تا ۱۳۷۸ از تراز ۹۵۰/۸۱ متر به تراز ۹۴۱/۱۳ متر تنزل داشته است (شکل ۴). علت افت سطح سفره آب زیرزمینی در منطقه به میزان ۹/۷ متر را می‌توان به افزایش بهره‌برداری بی‌رویه از آبخوان، کاهش بارندگی و تشدید خشکسالی و عدم برنامه‌ریزی در امر استحصال صحیح از آب‌های زیرزمینی نسبت داد. بنابراین تغییرات سطح سفره آب زیرزمینی منطقه متأثر از میزان بارندگی حوزه آبخیز (محل تغذیه)، محل تخلیه و میزان بهره‌برداری از چاه‌های کشاورزی است. فضل‌اولی (۱۳۷۲)، افت ۱/۳ متر سطح سفره آب زیرزمینی دشت موسیان را در فاصله زمانی خردادماه ۱۳۷۵ لغایت اسفندماه ۱۳۷۵، به برداشت بیش از حد منابع آب زیرزمینی، کاهش بارندگی و عدم برنامه‌ریزی صحیح تغذیه مصنوعی نسبت داده است.

#### بررسی کیفی آب‌های زیرزمینی

نتایج تجزیه آب چاه‌ها در منطقه مورد مطالعه، در جدول ۴ آمده است. با توجه به جدول مذکور، آب چاه‌ها براساس طبقه‌بندی ویل‌کوکس<sup>۱</sup> در گروه ۴ قرار دارند (۱۲). آب این گروه بسیار شور است و فقط برای آبیاری محصولات مقاوم به شوری استفاده می‌شود. براساس طبقه‌بندی شولر<sup>۲</sup> (۱۲)، آب منطقه مورد مطالعه برای آشامیدن مناسب نیست و برای مصارف دامداری و مرغداری می‌توان از آن استفاده کرد. کیفیت آب منطقه به سمت کلروره - سولفاته گرایش دارد.

علت پایین بودن کیفیت آب زیرزمینی منطقه را می‌توان به افزایش بهره‌برداری از آبخوان، آبیاری مداوم با آب شور بدون رعایت اصول بهره‌برداری صحیح از منابع آب زیرزمینی، وجود املاح محلول فراوان در مسیر حرکت آب‌های زیرزمینی، کاهش بارندگی، افزایش دما و تبخیر، به‌ویژه در ماه‌های خشک نسبت داد. آبیاری با آب شور می‌تواند یکی از

<sup>۱</sup> - Willcox

<sup>۲</sup> - Schoeller

منابع تولید رسوب به‌ویژه در مجاورت آبراهه‌های متمرکز، ثالثاً اجرای فعالیت‌های ترویجی و آموزشی به‌منظور ارتقای دانش فنی آبخیزنشینان به‌ویژه دامداران و آبخیزداران ضروری است (۴ و ۷).

مطالعه، اولاً اصلاح حوزه‌های آبخیز با انجام عملیات زیستی (نهال‌کاری و بوته‌کاری)، ساختمانی از قبیل جویچه و تراس‌بندی و مدیریت در امر استفاده از اراضی به‌منظور کاهش فرسایش خاک، ثانیاً اصلاح مناطق بالادست با احداث سازه‌های تاخیردهنده از قبیل آب‌بندها، حوضچه‌های رسوبگیر جهت تثبیت

جدول ۴- نتایج حاصله از تجزیه شیمیایی نمونه‌های آب چهارحلقه در محدوده مورد مطالعه (اردیبهشت‌ماه)

SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (meq/l)				Cl(meq/l)				Ec(ds/m)				SAR(meq/l)				سال آبی
۴	۳	۲	۱	۴	۳	۲	۱	۴	۳	۲	۱	۴	۳	۲	۱	
۶/۴	۱۶	۱۲/۲	۱۶/۴	۱۳/۷	۱۷/۶	۲۰/۸	۳۰	۲/۲	۳/۲	۳/۹	۵/۲	۶/۸	۱۰/۲	۸/۲	۱۰/۸	۷۲
۱۰/۳	۱۱	۱۳/۴	۱۴/۶	۹/۶	۱۸	۲۰/۸	۳۱/۶	۲/۲	۳/۶	۳/۸	۵/۱	۸/۹	۱۰/۱	۹/۱	۱۱/۲	۷۳
۱۰/۸	۱۶	۱۳/۳	۱۴/۱	۱۰/۲	۱۲	۲۰/۸	۳۲	۲/۱	۳/۸	۳/۸	۴/۹	۷/۲	۹/۵	۸/۸	۱۱/۵	۷۳
۸/۹	۱۸	۱۷/۳	۱۷/۲	۹/۷	۱۵	۲۰/۸	۳۴	۲/۱	۳/۵	۳/۵	۳/۸	۶/۱	۹	۱۰/۴	۹/۷	۷۵
۸/۵	۱۴	۱۳/۳	۱۶/۵	۹/۷	۱۷	۲۱/۶	۳۵	۱/۸	۳/۱	۳/۳	۵/۴	۵/۳	۹/۲	۹/۴	۹/۸	۷۶
۹/۳	۱۲	۱۷/۳	۱۶/۷	۱۰/۶	۱۸	۲۲/۲	۳۶	۲/۱	۳/۵	۴/۱	۴/۴	۶/۴	۸/۸	۸/۲	۱۰/۴	۷۷
۱۱/۶	۱۸	۲۱/۵	۲۲/۵	۱۰/۸	۳۱	۲۲/۸	۳۷	۲/۱	۳/۶	۴/۱	۵/۵	۷	۹/۱	۸/۳	۱۰/۱	۷۸
۶/۸	۳۳	۱۶/۷	۸/۸۰	۲۴	۲۴	۲۳	۲۳	۲/۲	۳/۶	۲/۸	۳/۶	۸/۳	۸/۶	۹/۱	۱۲/۱	۷۹

بیابانی سوق پیدا می‌کند که از نظر اقتصادی (کاهش درآمد کشاورزان) اجتماعی (مهاجرت ساکنین به روستا، و شهرهای مجاور و گرایش به سمت کارهای خدماتی) و زیست‌محیطی (زیرکشت بردن اراضی بیشتر و در نهایت تبدیل زمین‌های کشاورزی به اراضی شور، تضعیف پوشش گیاهی منطقه و توسعه گونه‌های مهاجم و نابودی دام‌های منطقه) را در چند سال آینده انتظار داشت. از این رو به‌منظور جلوگیری از بروز مشکلاتی چون انباشته شدن زیاد رسوبات و کاهش نفوذپذیری آب در عرصه و شبکه‌های پخش سیلاب اجرا شده در مناطق خشک و نیمه‌خشک و دستیابی به اهداف آن، مطالعات دقیق مکان‌یابی از جمله خصوصیات پستی و بلندی، آب‌شناسی، زمین‌شناسی حوزه، مطالعات خاک‌شناسی محل پخش سیلاب (بافت، ساختمان، شوری و نفوذپذیری خاک)، مطالعه جریان‌ات زیرزمینی منطقه جهت شناخت آبخوان مناسب از نظر قابلیت ذخیره و بهره‌برداری، بررسی وضعیت سفره آب زیرزمینی از نظر کیفیت و کمیت، نوع و اندازه رسوبات حمل شده

انباشته شدن رسوبات ریزدانه در نوارهای شبکه پخش سیلاب به‌ویژه در نوارهای سوم، چهارم و پنجم، به‌سبب قدرت نگهداری بالای آب توسط ذرات ریزدانه (لای و رس) و کاهش نفوذپذیری در سطوح رسوب گرفته شده نوارها، موجب هدر رفتن سیلاب با کیفیت بسیار خوب به‌وسیله تبخیر و کاهش تغذیه می‌شود. در نتیجه ته‌نشین شدن بیش از حد رسوبات در شبکه، سبب کاهش طول عمر و عدم کارایی بهتر آن در مهارکردن سیلاب و توسعه منابع آبی (کمی و کیفی) در منطقه مورد مطالعه می‌گردد. با توجه به موارد فوق، می‌توان آثار احداث شبکه در منطقه مهار سیلاب، کاهش افت سفره آب زیرزمینی در زمان آبخیزری طرح و انباشته شدن رسوبات ریزدانه با مواد آلی فراوان در نوارها جهت احیای اراضی شنی و نامرغوب اشاره کرد.

چنانچه در خصوص نحوه بهره‌برداری و حفظ منابع آبی و انتخاب محصولات کشاورزی با توجه به کیفیت منابع خاک و آب در منطقه مدیریتی اعمال نشود، منطقه با توجه به مشکل کم‌آبی و دارا بودن خاک نسبتاً شور و قلیایی، بیشتر به سمت شرایط

## منابع

- ۱- اداره مطالعات و طراحی مدیریت آبخیزداری استان اصفهان، ۱۳۷۷. مطالعه و طراحی پخش و بهره‌وری از سیلاب دشت موغار، ۲۸ ص.
- ۲- بصیرپور، علی و فرهاد موسوی، ۱۳۷۴. مسائل بهره‌برداری از رودخانه‌های فصلی در تغذیه مصنوعی آبخوان‌های زیرزمینی، مجموعه مقالات همایش منطقه‌ای مدیریت منابع آب، اصفهان، ۳۱۵-۳۲۷.
- ۳- دادرسی، ابوالقاسم، ۱۳۷۹. ارزیابی روش‌های تغذیه مصنوعی و احیای قنوت با استفاده از روش پخش سیلاب، مجموعه مقالات همایش بین‌المللی قنات. یزد، ۲۶۱ - ۲۷۱.
- ۴- زارع، مریم، ۱۳۷۵. بررسی رسوب‌شناسی مخروط‌افکنه چن‌داب ورامین و تغییرات نفوذپذیری در عرصه پخش سیلاب، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد جغرافیا، دانشکده جغرافیا، دانشگاه شهیدبهبشتی، ۱۷۶ ص.
- ۵- زرین‌گفش، منوچهر، ۱۳۷۲. خاک‌شناسی کاربردی و تجزیه‌های کمی خاک - آب - گیاه، جلد ششم، انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۱۹۵۵، تهران، ۳۷۷ ص.
- ۶- علیزاده، امین، ۱۳۷۴. اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ ششم، ۶۳۴ ص.
- ۷- فضل‌اولی، رامین، ۱۳۷۲. بررسی اثرات پخش سیلاب در تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی دشت موسیان با استفاده از مدل عددی سه‌بعدی، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۸- شکل‌آبادی، محسن، ۱۳۷۹. بررسی فرسایش‌پذیری نسبی خاک برخی از سازندهای زمین‌شناسی و رابطه آن با تعدادی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها در حوزه آبخیز گل‌آباد، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۲۹ ص.
- ۹- عبدی، پ و امینی، ع، ۱۳۷۹. بررسی وضعیت منابع دشت زنجان و ارائه راهکارهایی برای مقابله با خشکسالی منطقه، مجموعه مقالات همایش بررسی راهکارهایی مقابل با کم‌آبی و خشکسالی، جلد دوم، کرمان، ۵۶۱-۵۷۱.
- ۱۰- کریمی، مهدی، ۱۳۶۶. گزارش آب و هوای منطقه مرکزی ایران (استان‌های چهارمحال و بختیاری، اصفهان و یزد)، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، ۶۴ ص.
- 11-Banihashemi, S.A. R., 1995. Natural groundwater recharge estimation and ground water resource management, Proceedings of Regional Conference on Water Resource Management, Isfahan, Iran, 79-87.
- 12-Greenberg, A.E., L.S. Clesceri, & A.E. Eaton, 1992. Standard methods for the examination of water and waste water, American Puplic Health Association, 1300p.
- 13-Miller, F., & W.M Buller, 1969. An evaluation of range floodwater spreaders, J. Range Management, No.22: 275-290.
- 14-Kowsar, S.A., 1997. Aquifer manangement: A key to food security in the deserts of the Islamic Republic of Iran, Proceedings of the 8<sup>th</sup>. Int. Conference Rain. Catch. Syst., April 5-29, Tehran, 24-28.

## Evaluation of the Moghar Floodwater Spreading System for the Artificial Recharge of Groundwater in Ardestan

J. Kiaheirati<sup>1</sup>    S. S. Eslamian<sup>2</sup>    H. Khademi<sup>3</sup>    A. H. Charkhabi<sup>4</sup>

### Abstract

Floodwater spreading system is an efficient and appropriate method for optimization of runoff utilization, particularly in arid and semirid regions. Beside the reduction of flood damages, this technique is also useful for artificial recharge, rangeland rehabilitation, and desertification control. The objective of this research was to evaluate the efficiency of Moghar floodwater spreading system which was designed and performed for artificial recharge of groundwater and for improving groundwater quality in the region. First, data on piezometric wells were collected. Then, infiltration rate as well as the physical properties of both sediments deposited in different strips and those of the natural soil of the area were determined. Groundwater samples from different irrigation wells as well as the flood water entered the system were taken and their chemical characteristics were evaluated. The results indicated that more than 100,000 tons of fine sediments with mean thickness of 43 cm and mostly containing silt-sized particles were deposited in the system. From the first to fifth strip, the amount of sand content in the sediments decreased whereas the clay content increased. Consequently, the infiltration rate decreased from 1.35 cm/h in the first strip to 0.65 cm/h in the fifth one. Due to the formation of a thick and dense crust in different strips, their infiltration rate is not high. The second time flooding occurred in 1375 and seems to have had the highest influence on rising the groundwater level. Reduction of infiltration, evaporation of a very good quality floodwater, overuse of groundwater resources by farmers particularly in dry seasons, and the occurrence of recent severe drought lowered the efficiency of this system. It seems that a great portion of water entering the system would be lost through evaporation if no measure is taken for reducing the floodwater turbidity. In conclusion it is highly recommended that an integrated watershed management system is implemented in the area in order to reduce the turbidity of floodwater, which in turn increases the profitability of the system.

**Keywords:** Floodwater spreading, Artificial recharge, Infiltration, Groundwater, Groundwater quality.

---

<sup>1</sup> - Senior Expert in Desertification Combating, Former Grad. Student of Desert Manage., College of Natural Resources, Isfahan University of Technology

<sup>2</sup> - Asst.prof., Department of Irrigation, College of Agriculture, Isfahan University of Technology

<sup>3</sup> - Asst.prof., Department of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology

<sup>4</sup> - Scientific Member of Soil Conservation and Watershed Management Research Center