دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

بررسی مشخصات رسوبات ترسیب‌شده در سطح عرصه شبکه پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی (مطالعه موردی- آبخوان جاجرم)

سید حسین رجائی[۱]، کاظم اسماعیلی[۲]، علی‌اکبر عباسی[۳] و علی‌نقی ضیائی[۴]

۱- دکتری سازه‌های آبی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، (نویسنده مسوول: h.rajaei@areeo.ac.ir)
۲ و ۴- دانشیار و استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- دانشیار و عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
تاریخ دریافت: ۹۶/۸/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۷/۵/۱۳
صفحه ۱۳۲ تا ۱۴۱

چکیده

بررسی روند رسوب‌گذاری سطحی خاک در پروژه‌های تغذیه مصنوعی و پخش سیلاب بر آبخوان که تحت عنوان طرح‌های آبخوانداری احداث شده‌اند، می‌تواند در فرآیند طراحی سازه‌ها و همچنین مدیریت شبکه مؤثر باشد. مرور منابع نشان می‌دهد عمده مطالعات در عرصه‌های پخش سیلاب در شرایطی انجام شده است که شبکه‌های اجراشده دارای عمر کم یا دفعات سیل‌گیری محدود هستند. ایستگاه پخش سیلاب بر آبخوان جاجرم در استان خراسان شمالی دارای آمار ثبت شده‌ی ۳۷ مورد سیل‌گیری از سال ۱۳۷۶ می‌باشد. در این تحقیق به منظور بررسی روند رسوبگذاری سطحی و تغییرات بافت خاک در عرصه پخش سیلاب، نمونه‌ای از رسوبات در کانال آبرسان و ۹ نوار پخش برداشت شد. در ادامه و با حفر سه پروفیل خاک در داخل شبکه و یک پروفیل در خارج عرصه (به عنوان شاهد) در سه عمق ۰-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری شد. نمونه‌های رسوبات و خاک به کمک سری الک‌های استاندارد دانه‌بندی گردید و ذرات ریزدانه نیز با آزمایش هیدرومتری دانه‌بندی شد. نتایج نشان می‌دهد رسوبات وارده به شبکه بافت سیلت و رسی دارند. دانه‌بندی رسوبات به سمت پایین‌دست عرصه پخش سیلاب ریزدانه‌تر می‌شود البته روند تغییرات در نوارهای ٤ تا ۹ خیلی کمتر است. نتایج مربوط به پروفیل‌های خاک نیز نشان می‌دهد رسوبات ریزدانه عمدتاً در لایه ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری سطحی خاک فیلتر شده و بخش کمی از رسوبات به لایه‌های زیرین نفوذ می‌کنند. بر اساس نتایج پیشنهاد می‌شود در طرح‌های اجرایی، نوارهای اولیه به عنوان رسوبگیر درنظر گرفته شود و ابعاد و فواصل سازه‌ها متناسب با این شرایط طراحی گردد.

واژه‌های کلیدی: آبخوانداری، پخش سیلاب، تغذیه مصنوعی، رسوب، نفوذپذیری

مقدمه

با توجه به اثر رسوبات همراه جریان سیل بر کاهش نفوذپذیری و عمر مفید شبکه‌های تغذیه مصنوعی، بررسی وضعیت رسوبگذاری در این شبکه‌ها می‌تواند به طراحی و بهره‌برداری مفید آنها کمک نماید. برخی مطالعات انجام گرفته در این زمینه را می‌توان به شرح زیر بیان نمود.

لیونز و گیفورد (۱۴) تأثیر افزایش عمق رسوبات سطحی بر سرعت نفوذپذیری در دو محل در ایالت یوتا را از سال ۱۹۷۴ تا ۱۹۷۶ بررسی کردند. نتایج بیانگر کاهش ۱۴ درصدی نفوذپذیری در سال دوم بود. غفاری (۹) با مطالعه عرصه پخش سیلاب جاجرم در سه نقطه عمق رسوبات و نفوذپذیری سطحی را بررسی کرد. وی عمق رسوبات را موجب کاهش ۸۲ درصدی نفوذپذیری سطحی خاک بیان کرد. اینسل (۷) ضمن بررسی فرآیند جابجایی انواع رسوبات بحث جامعی درخصوص دانه‌بندی و همچنین افق‌های مختلف لایه‌های رسوبگذاری با منشاء مختلف ارائه کرد. عرب‌خدری (۱) نشان دادند رسوبات نهشته شده در پشت بندسارهای سنتی خراسان موجب کاهش نفوذپذیری شده است و این رسوبات عمدتاً در حد سیلت و رس بوده است. پیرانی و همکاران (۱۶) در شبکه پخش سیلاب دهلران با انجام آزمایش دانه‌بندی خاک نشان داد رسوبات ریزدانه (سیلت و رس) حداکثر تا عمق ۱۰ سانتی‌متری خاک تمرکز یافته است. این امر موجب سنگین شدن بافت سطحی خاک شده است. مهدیان و همکاران (۱۵) اثر پخش سیلاب بر تغییرات فیزیکی خاک در عرصه پخش سیلاب قوشه دامغان را بررسی کردند و نشان دادند که درصد ماسه موجود در خاک سطحی نسبت به نمونه شاهد به نصف کاهش یافته درصورتی‌که درصد سیلت به میزان ۲/۳ برابر و درصد رس به‌میزان ۱/۹ برابر افزایش داشته است. حاج‌سیدعلی‌خانی و همکاران (۱۱) اثر تراکم رسوبات در بند تغذیه‌ای مرید بافت را مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که طی سه سال آبگیری، به‌دلیل افزایش عمق رسوبات نفوذپذیری به‌شدت کاهش یافته است. طغرلی و همکاران (۲۱) در پروژه پخش سیلاب آب‌باریک بم با نمونه برداری خاک در سه افق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی‌متر و انجام آزمایش دانه‌بندی نشان دادند مقدار ماسه طی پنج سال بهره‌برداری پروژه روند کاهشی داشته ولی مقدار سیلت و رس روند افزایشی دارند. سکوتی اسکوئی و مهدیان (۱۹) در تحقیقات خود با نصب اشل مدرج در شبکه پخش سیلاب پلدشت طی ۵ سال تغییرات عمق رسوبات انباشته شده را ثبت کردند. بررسی نتایج مطالعه نشان می‌دهد داده‌های عمق رسوب در نوار اول تفاوت معنی‌داری با داده‌های نوار دوم و سوم دارد. وانگ و همکاران (۲۳) به بررسی اثر قطر ذرات جامد معلق همراه سیل در پروژه‌های تغذیه بر کاهش نفوذپذیری سطحی پرداختند. نتایج نشان می‌دهد ذرات معلق با قطر ۰/۰۵-۰/۰۷۵ میلی‌متر و ۰/۰۳۸۵-۰/۰۵ میلی‌متر بیشترین

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.19.15.8]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.19.132]

گرفتگی را در لایه سطحی ایجاد می‌کنند و ذرات با قطر کمتر از ۰/۰۳۸۵ میلی‌متر تا عمق ۲ متری خاک نفوذ می‌کنند. اسماعیلی وردنجانی و همکاران (۸) به بررسی الگوی توزیع رسوب در پروژه پخش سیلاب گربایگان استان فارس پرداختند. آنها به روش نمونه‌برداری شبکه‌ای و تصادفی در ۲۹۶ نقطه عمق رسوبات را برداشت کردند. نتایج نشان می‌دهد عمق رسوبات در ۴ نوار پخش اول حداکثر تا ۶ سانتی‌متر است، نوار پنجم تا ۸ سانتی‌متر و در نوار پخش انتهایی عمق رسوبات تا ۳۰ سانتی‌متر هم می‌رسد. رجائی و همکاران (۱۷) وضعیت تغییرات نفوذپذیری سطحی خاک در شبکه پخش سیلاب جاجرم را بررسی کردند و نشان دادند با توجه به دفعات سیلگیری نوارهای پخش، نفوذپذیری در نوارهای ۱ تا ۴ در شرایط نامطلوب قرار داشته ولی در نوارهای ۵ تا ۹ شرایط در حالت نفوذپذیری متوسط می‌باشد. سیزمایک و زولوفسکی (۲۰) فرآیندهای ترسیب را به کمک ردیابی ایزوتوپ سرب ۲۱۰ بررسی کردند و عمر لایه‌های رسوبات در اراضی پست سواحل هلند را تا سال ۱۹۰۰ تشخیص دادند. ردیابی رسوبات به روش رادیوایزوتپی توسط والش و همکاران (۲۲) و خواجوی و همکاران (۱۳) نیز گزارش شده است. جوادی و همکاران (۱۲) وضعیت تغییرات فیزیکی و شیمیایی خاک در عرصه پخش سیلاب دلیجان در استان مرکزی را بررسی کردند و در بحث بافت خاک با بررسی تغییرات درصد رس، سیلت و شن، معنی‌دار بودن تغییرات در عمق ۰-۲۵ سانتی‌متری خاک را گزارش کردند. البته در عمق ۲۵-۵۰ سانتی‌متری، تغییرات بافت خاک معنی‌دار نبود. بریچلر (۵) به کمک رادیوایزوتوپ بریلیوم ۷ و توریوم ۲۳۴، فرآیندهای رسوبگذاری بلند مدت را بررسی کرد. زین‌کیانگ و همکاران (۲۴) ضمن بررسی نسبت قطر متوسط رسوبات (d_{50}) به قطر متوسط منافذ خاک (D_p)، نشان دادند در نسبت $\frac{D_p}{d_{50}} < 5.5$ انسداد در سطح خاک مشاهده می‌شود. در نسبت $\frac{D_p}{d_{50}} > 180$ رسوبات به همراه سیلاب به داخل بافت خاک نفوذکرده و از طریق کاهش تخلخل خاک نفوذپذیری را کاهش خواهند داد و در حالت بین این دو حد شرایط ترکیبی رخ می‌دهد. بیگانکاس و فیشر (۴) در یک پروژه تغذیه مصنوعی در ایالت کالیفرنیا ضمن بررسی میزان انباشت رسوبات نشان دادند که رسوبات ریزدانه همراه یک سیلاب، میزان نفوذپذیری را تا ۵۰ درصد کاهش خواهند داد. ببرنژاد و همکاران (۲) با هدف بررسی کارایی مدل‌های فرکتالی در توصیف توزیع اندازه ذرات رسوب در بالادست ۱۴ بند متوالی در یکی از رودخانه‌های فولادمحله سمنان، مدل‌های فرکتالی تیلر و ویتکرافت، بیرد و همکاران و کراوچنکو و ژانگ را مورد بررسی قرار دادند و توانستند تغییرات رس، سیلت و شن را در این بندها مدل‌سازی کنند. آنها همچنین رابطه ابعاد فرکتالی و مقدار نسبی هر یک از ذرات اولیه رسوبات را بدست آوردند. راتبورن و همکاران (۱۸) فرآیند رسوبگذاری سیلاب در مخازن را براساس رسوب معدنی و رسوب آلی و میزان کربن بررسی کردند و پیشنهاداتی درخصوص افزایش عمر مفید پروژه ارائه کردند. گری و همکارن (۱۰) با بررسی لایه‌بندی رسوبات در حوضچه ترسیب رودخانه سالیناس در کلیفرنیا سعی کردند روابط بین شرایط هیدرولوژیک حوضه و دانه‌بندی رسوبات را بیان کنند. کارلینگ و لکلایر (۶) ضمن بررسی لایه‌بندی رسوبات حمل شده توسط سیلاب رودخانه‌ای در هند سعی در تفسیر شرایط ریخت‌شناسی و هیدرولوژیک حوضه بالادست کردند. بنهام و همکاران (۳) با بررسی خصوصیات لایه‌بندی رسوبات در رخدادهای متوالی سیلاب، براساس قطر رسوبات و ضخامت لایه اقدام به تفسیر شرایط سیل‌های متوالی کردند.

بررسی فوق نشان می‌دهد عمده گزارش‌ها مبتنی بر عمق رسوبات و یا میانگینی از وضعیت موجود در شبکه‌های پخش سیلاب است. در برخی تحقیقات نیز صرفاً تغییرات بافت خاک بر اساس درصد رس، سیلت و شن بررسی شده است. همچنین در طرح‌های تحقیقاتی آزمایشگاهی مدل‌سازی در شرایط زمانی کوتاه انجام شده است. در ایران نیز عمده عرصه‌های مورد بررسی دارای دوره آماری کوتاه مدت بوده است. باتوجه به شرایط اجرایی ایستگاه تغذیه مصنوعی شهرستان جاجرم این تحقیق با هدف بررسی روند رسوبگذاری و تغییر بافت خاک سطحی در محدوده عرصه پخش سیلاب با داشتن ۱۴ سال آمار و ثبت ۳۷ مورد رخداد سیل انجام شده است.

مواد و روش‌ها

الف- محل اجرای طرح

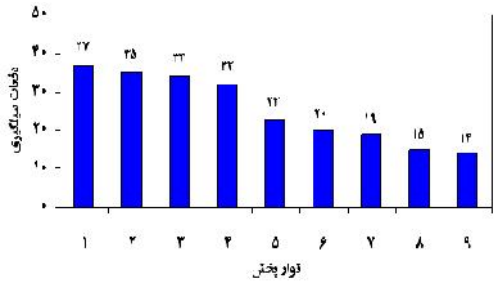
ایستگاه پخش سیلاب بر آبخوان جاجرم با مساحت ۳۴۳ هکتار در ۲ فاز در سال ۱۳۷۴ در حاشیه جنوب‌غربی شهر جاجرم در استان خراسان شمالی احداث شده است (شکل ۱). فاز یک این شبکه با مساحت ۲۲۳ هکتار از دو رودخانه کال ایور و کال نقاوی آبگیری می‌کند. این بخش از شبکه دارای یک کانال آبرسان و ۹ نوار پخش بوده و طول آنها بین ۵۵۰ تا ۱۰۰۰ متر متغیر است. ثبت ۳۷ مورد سیل‌گیری همراه با چگونگی گسترش و دفعات سیل‌گیری در بین ۹ نوار پخش، بستر مناسبی را جهت بررسی تغییرات رسوب‌گذاری سطحی در این ایستگاه فراهم کرده است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.19.15.8]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.19.132]



شکل ۱- تصویر ماهواره‌ای شبکه پخش سیلاب جاجرم
Figure 1. Satellite image of the Jajarm plain floodwater spreading systems

سازه‌های تغذیه مصنوعی اجرا شده در این شبکه بصورت سیستم لبه پخش بوده و انتقال آب بین نوارها از طریق دروازه‌های احداثی برروی خاکریز کانال‌های گسترشی می‌باشد. تعداد سیل‌گیری هر نوار مطابق شکل ۲ است.



شکل ۲- تعداد دفعات سیلگیری هر یک از نوارهای پخش سیلاب
Figure 2. Number of flooding of each flood spreading band

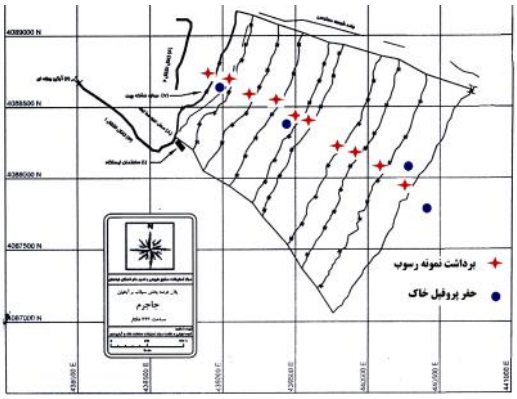
ب- نمونه‌برداری و انجام آزمایش دانه‌بندی رسوبات:

باتوجه به شکل ۲ مشاهده می‌شود، دفعات سیل‌گیری در هر نوار متفاوت بوده و لذا فرآیند ترسیب در نوارهای مختلف با یکدیگر تفاوت خواهد داشت. برای تهیه منحنی دانه‌بندی، نمونه‌های رسوب تجمع یافته در بالادست هر یک از خاکریزهای نه‌گانه پخش و کانال آبرسان برداشت شد و در آزمایشگاه مراحل دانه‌بندی آن طی دو مرحله صورت گرفت. ابتدا کلیه این ۱۰ نمونه به کمک سری الک‌های استاندارد غربال شد و در مرحله دوم برای ذرات عبوری از الک شماره ۲۰۰ آزمایش هیدرومتری چند نقطه‌ای به مدت ۲۴ ساعت و ۱۳ قطر ذرات انجام شد. از ترکیب نتایج این دو مرحله دانه‌بندی رسوبات انجام گرفت و مشخصات فیزیکی ذرات تعیین شد. عمق رسوبات انباشته شده در داخل هر نوار (بر حسب سانتی‌متر) نیز برداشت شد.

ج- حفر پروفیل خاک و آزمایش دانه‌بندی خاک:

نفوذ ذرات ریزدانه‌ی رسوب به داخل خاک سطحی موجب تغییر در بافت خاک و نفوذپذیری خواهد شد. با توجه به این موضوع به‌منظور یافتن میزان این تغییرات در عمق‌های مختلف، باتوجه به طول شبکه با تقسیم آن به سه بخش، در نوارهای شماره ۱، ۴ و ۹ داخل شبکه، پروفیل خاک حفر شد. همچنین یک پروفیل در خارج از عرصه پخش به‌عنوان شاهد حفرشد. در این پروفیل‌ها در سه عمق ۰ تا ۳۰، ۳۰ تا ۶۰ و ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متر نمونه خاک جهت دانه‌بندی برداشته شد. برای این ۱۲ نمونه آزمایش الک‌های استاندارد و آزمایش هیدرومتری چند نقطه‌ای به انجام رسید. شکل ۳ موقعیت برداشت نمونه‌های رسوب و همچنین محل حفر پروفیل خاک را در محدوده فاز یک نشان می‌دهد. همچنین شکل ۴ و ۵ مراحل آزمایش الک‌های استاندارد و هیدرومتری را نشان می‌دهد.

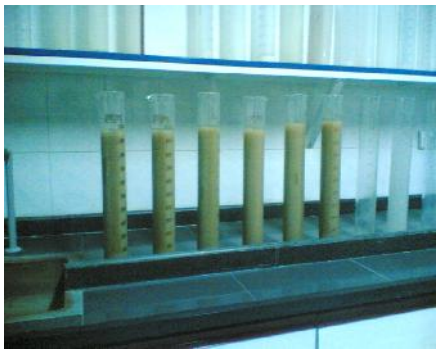
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.19.15.8]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.19.132]



شکل ۳- نقشه موقعیت برداشت نمونه‌های رسوب و حفر پروفیل خاک
Figure. 3. Map of the location of sampling and soil profiling



شکل ۴- انجام آزمایش دانه‌بندی با الک استاندارد (آزمایشگاه خاک، مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان)
Figure 4. Soil granularity test with standard shaker laboratory (Soil laboratory of Khorasan Agricultural Research Center)



شکل ۵- انجام آزمایش دانه‌بندی با هیدرومتری. (آزمایشگاه خاک، مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان)
Figure 5. Soil granularity with hydrometric test (Soil laboratory of Khorasan Agricultural Research Center)

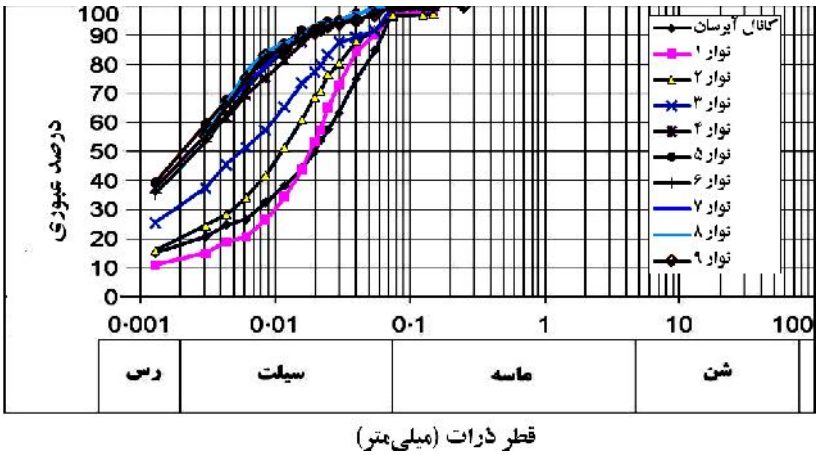
نتایج و بحث

۱- نتایج دانه‌بندی رسوبات:

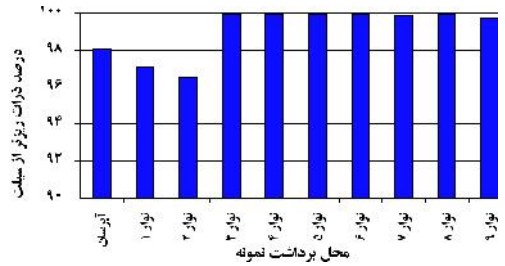
چگونگی توزیع رسوبات در سطح عرصه و همچنین دانه‌بندی رسوبات انتقال‌یافته با توجه به مقایسه نتایج دانه‌بندی مشخص می‌شود. بر این اساس نتایج دانه‌بندی ذرات رسوب در نوارهای پخش و همچنین نمونه رسوبات کانال آبرسان در شکل ۶ ارائه شده است. همچنین درصد رسوبات با قطر کوچکتر از سیلت (قطر ذرات کمتر از ۰/۰۷۵ میلی‌متر) و کوچکتر از رس (قطر ذرات کمتر از ۰/۰۰۲ میلی‌متر) محاسبه شد که نتایج این محاسبات در شکل‌های ۷ و ۸ ارائه شده است.

بر اساس نتایج دانه‌بندی رسوبات برای کلیه نمونه‌ها پارامترهای قطر متوسط (D_{50}) محاسبه شد که نتایج بصورت جدول شماره ۱ ارائه شده است.

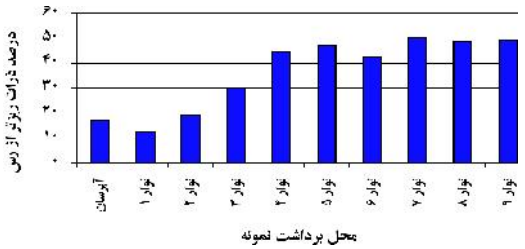
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.19.15.8]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.19.132]



شکل ۶- نمودار منحنی دانه‌بندی رسوبات در نوارهای پخش
Figure 6. Particle size distribution curves of each flood spreading band



شکل ۷- درصد ذرات کوچکتر از سیلت
Figure 7. Percentage Particle size smaller than silt (%)



شکل ۸- درصد ذرات کوچکتر از رس
Figure 8. Percentage Particle size smaller than clay(%)

جدول ۱- قطر D_{50} رسوبات ($\times 10^{3}$ میلی‌متر)
Table 1. Average particle size of the sediment ($D_{50}\times 10^{3}$ mm)

شماره نوار	D_{50}
آبرسان	۱۹/۹
یک	۱۸/۴
دو	۱۱/۴
سه	۵/۸
چهار	۲/۶
پنج	۲/۳
شش	۲/۸
هفت	۲
هشت	۲/۲
نه	۲/۲

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.19.15.8]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.19.132]

همانطور که جدول ۱ و شکل‌های ۷ و ۸ نشان می‌دهد، قطر D_{50} رسوبات وارد شده به عرصه‌ی پخش سیلاب جاجرم تماماً در محدوده‌ی سیلت قرار دارد. البته از نوار شماره‌ی ۴ به بعد قطر D_{50} اندازه رسوبات به مرز رس بسیار نزدیک می‌شود. این موضوع در شکل ۶ مربوط به درصد ذرات رس قابل مشاهده است چرا که درصد رس در این نوارها ۴۴ تا ۴۹ درصد ذرات را شامل می‌شود. این وضعیت نشان می‌دهد که رسوبات همراه سیل در سطح عرصه‌ی پخش سیلاب عموماً به‌صورت بار معلق جابجا می‌شوند. رسوبات بار بستر عمدتاً در محل آبگیر کال نقّاوی و کال ایور ترسیب شده‌اند. بررسی وضعیت رسوبات رسی نشان می‌دهد که میزان رس همراه سیل که در نوارهای مختلف ترسیب شده است از حداقل ۱۲/۴۳ درصد در نوار اول تا ۴۹ درصد در نوارهای انتهایی متغیر است. روند افزایش رس در رسوبات که به سمت پایین‌دست مشاهده می‌شود، باتوجه به قطر ذرات رسوب روندی منطقی و قابل پیش‌بینی است. بنابراین می‌توان گفت رسوبات در سطح عرصه به سمت پایین‌دست ریزدانه‌تر می‌شود. شرایط درخصوص نوارهای پخش شماره‌ی ۴ تا ۹ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارد. نکته دیگری که در خصوص دانه‌بندی فوق قابل بحث است وضعیت هیدرولیک جریان سیلاب است که باتوجه به شیب عرصه پخش و کشیده‌تر شدن طول نوارها شرایط به نحوی فراهم شده است که عملاً بافت رسوبات ترسیب شده در نوارهای ۴ تا ۹ نسبتی با فاصله از ابتدای شبکه ندارد و یکسان است درصورتی که در نوار آبرسان تا نوار ۳ با فاصله گرفتن از ابتدای شبکه رسوبات ریزدانه‌تر می‌شود. ضخامت رسوبات در نوارهای پخش نه‌گانه نیز به‌صورت جدول شماره ۲ است. درخصوص ضخامت رسوبات می‌توان گفت باتوجه به شکل ۲ و جدول شماره ۲ به‌طور طبیعی دفعات سیل‌گیری در هر نوار به معنی دفعات ترسیب خواهد بود و بنابراین عمق رسوبات بیشتر در نوارهای اولیه مشاهده می‌شود که در جدول ۲ نیز مشهود است. براساس نتایج فوق رابطه زیر بین تعداد دفعات سیل‌گیری (n) و ضخامت رسوبات (t) برحسب سانتی‌متر ارائه می‌شود:

$$t = 0.037\ n^{1.641} \qquad R^2=0.912$$

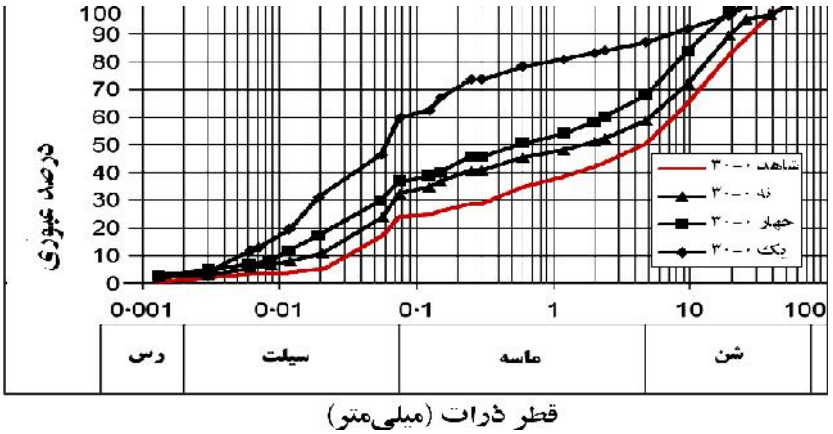
جدول ۲- ضخامت رسوبات در هر نوار

Table 2. Thickness of sediment per strips stream

نوار پخش	ضخامت رسوبات (CM)
۱	۱۸
۲	۱۳
۳	۱۱
۴	۸
۵	۸
۶	۵
۷	۴
۸	۳
۹	۳

۲- نتایج دانه‌بندی نمونه پروفیل‌های خاک:

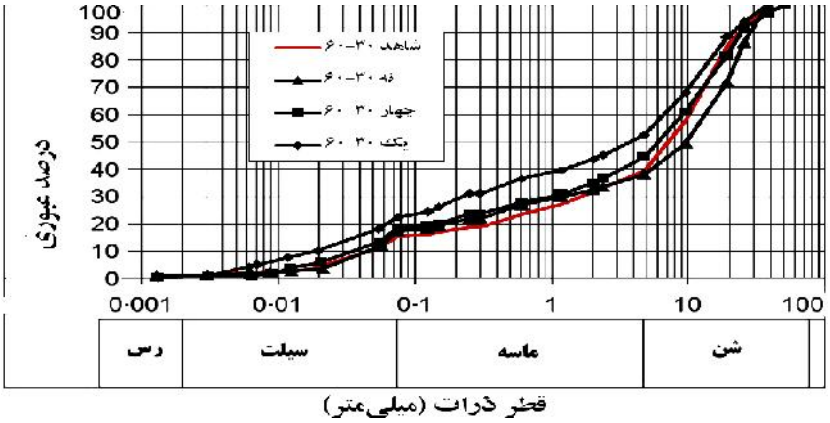
در این مرحله نتایج دانه‌بندی نمونه‌های خاک که از حفر پروفیل تا عمق ۹۰ سانتی‌متر و در سه افق برداشت شده است ارائه می‌شود. به منظور بررسی روند تغییرات عمقی بافت خاک مجموع نتایج چهار پروفیل حفر شده در سه افق مجزا مطابق شکل‌های ۹ تا ۱۱ ارائه می‌شود:



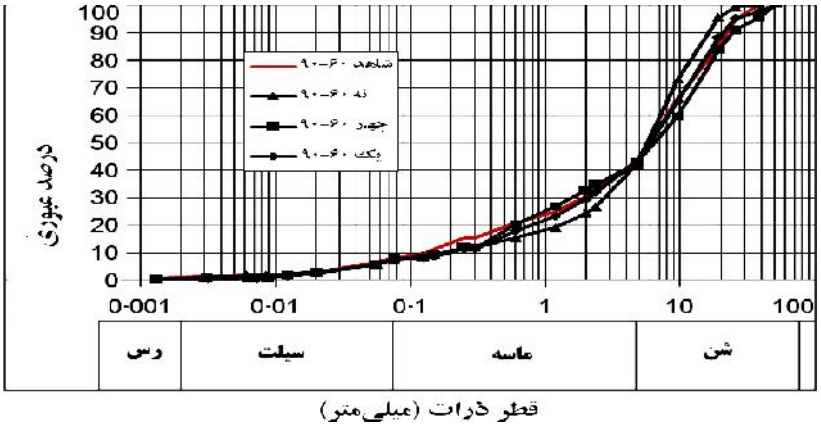
شکل ۹- دانه‌بندی ذرات در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری

Figure 9. Particle size distribution at depths of 0-30 cm

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.19.15.8]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.19.132]



شکل ۱۰- دانه‌بندی ذرات در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متری
Figure 10. Particle size distribution at depths of 30-60 cm



شکل ۱۱- دانه‌بندی ذرات در عمق ۶۰-۹۰ سانتی‌متری
Figure 11. Particle size distribution at depths of 60-90 cm

قطر D_{50} نیز در پروفیل‌های مختلف بصورت جدول ۳ است.

جدول ۳- قطر D_{50} نمونه‌های پروفیل خاک (میلی‌متر)
Table 3. Average particle size of the sediment at soil profiling ($D_{50}\times10^3$ mm)

محل نمونه	عمق نمونه سانتی‌متر	D_{50} میلی‌متر
خاکریز ۱	۳۰-۰	۰/۰۶۱
	۶۰-۳۰	۳/۹۵۹
	۹۰-۶۰	۶/۳۳۴
خاکریز ۴	۳۰-۰	۰/۵۷۷
	۶۰-۳۰	۶/۳۶۲
	۹۰-۶۰	۶/۸۸۵
خاکریز ۹	۳۰-۰	۱/۷۹۰
	۶۰-۳۰	۹/۷۵۲
	۹۰-۶۰	۶/۰۲۶
شاهد	۳۰-۰	۴/۷۱۳
	۶۰-۳۰	۷/۵۲۳
	۹۰-۶۰	۶/۱۸۳

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.19.15.8]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.19.132]

منحنی‌های دانه‌بندی برای هریک از طبقات نمونه‌برداری (۰-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی‌متر) که در نمودار شکل‌های ۹، ۱۰ و ۱۱ ارائه شده است نشان می‌دهد در عمق ۶۰-۹۰ سانتی‌متر بافت خاک برای کلیه‌ی نمونه‌ها دارای تفاوت اندکی هستند (شکل ۱۱). این موضوع نشان می‌دهد نفوذ ذرات ریزدانه در عمق ۶۰-۹۰ چندان محقق نشده و تغییر معنی‌داری در بافت خاک در این عمق بوجود نیامده است. تغییرات در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متر اندکی افزایش یافته و نفوذ ذرات ریزدانه موجب تغییر بافت خاک در این لایه می‌شود (شکل ۱۰) و درخصوص لایه سطحی و عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر، افزایش ذرات ریزدانه در پروفیل‌های سه‌گانه نسبت به نمونه‌ی شاهد قابل مشاهده است (شکل ۹). محاسبات قطر D_{50} نیز نشان می‌دهد که در خاکریز اولیه عملاً بافت سطحی خاک سیلتی شده است ولی در خاکریز ۴ و ۹ این بافت ماسه‌ای است. این موضوع در کاهش نفوذپذیری سطحی خاک مؤثر است و باتوجه به روند تغییرات بافت خاک سطحی به سمت پایین دست، تغییرات نفوذپذیری نیز قابل توجیه خواهد بود.

بررسی رسوبات وارده به عرصه پخش سیلاب نشان می‌دهد نوع رسوبات عمدتاً از نوع سیلت و رس هستند. این نتیجه در تحقیقات قبلی ازجمله مهدیان و همکاران (۱۵)، طغرلی و همکاران (۲۱) و جوادی و همکاران (۱۲) نیز بیان شده است. باتوجه به وضعیت شیب کانال آبرسان و شیب عمومی عرصه‌ی پخش (کمتر از ۲ درصد)، دانه‌بندی رسوبات نشان می‌دهد رسوبات ورودی به عرصه عموماً بار معلق بوده و رسوبات بار کف در سازه‌ی انحرافی و کانال آبرسان ترسیب می‌شود. روند تغییرات دانه‌بندی رسوبات به سمت پایین‌دست (از نوارپخش شماره‌ی ۱ تا ۹) به سمت ریزدانه شدن پیش می‌رود. که می‌توان علت آن را کاهش انرژی جریان در توالی بین نوارهای پخش دانست. تغییرات دانه‌بندی رسوب در نوارهای انتهایی (نوار ۴ تا ۹) چندان مشهود نیست. همچنین بررسی تغییرات عمقی بافت خاک در پروفیل‌های حفر شده نشان می‌دهد بیشترین تغییر بافت در لایه ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری سطحی خاک مشاهده می‌شود. این تغییر به سمت ریزدانه‌شدن بافت خاک پیش می‌رود. در تحقیقات جوادی و همکاران (۱۲) این روند تا عمق ۲۵ سانتی‌متری گزارش شده بود. روند ریزدانه‌شدن در لایه ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری عمق خاک با شدت کمتر مشاهده می‌شود ولی در لایه ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متری تفاوت معنی‌داری در پروفیل‌های حفر شده مشاهده نمی‌شود. تغییرات عمق رسوبات از نوار اول تا نوار نهم کاهشی است به‌نحوی که بیشترین عمق رسوبات در نوار اول و کمترین انها در نوار نهم مشاهده شد. این روند مشابه نتایج اسکویی و مهدیان (۱۹) است، البته اسماعیلی‌وردنجانی و همکاران (۸) در پروژه گربایگان استان فارس روندی متفاوت را گزارش کردند. علت این امر را می‌توان به شرایط سیلابگیری عرصه پخش سیلاب گربایگان مرتبط دانست، چراکه در آن عرصه در دفعات سیل‌گیری متعدد، جریان سیلاب به انتهای شبکه می‌رسد و باتوجه به ارتفاع آبگیری خاکریزهای انتهایی حجم سیلاب بیشتری در نوارهای انتهایی کنترل می‌شود. باتوجه به عمق رسوبات در نوارهای اولیه و همچنین دانه‌بندی رسوبات به نظر می‌رسد در طراحی شبکه‌های پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی مشابه بهتر است بخشی از سطح ابتدایی عرصه (حدود ۲۰ تا ۲۵ درصد) به‌عنوان محدوده رسوبگیر مد نظر قرار گیرد و معیار طراحی و مساحت عرصه پخش شبکه با توجه به این نکته انتخاب شود. در طراحی اولیه شبکه‌های پخش سیلاب در گذشته نقش یکسانی برای تمام نوارهای پخش در فرآیند تغذیه درنظر گرفته شده و لذا طراحی شبکه پخش سیلاب جاجرم نیز از این قائده مستثنی نبوده‌است. این نکته قابل اشاره است که در سال‌های اولیه اجرای شبکه تغذیه مصنوعی یا به عبارتی دفعات اولیه سیلابگیری کلیه سطح عرصه نقش فعالی در تغذیه خواهد داشت ولی به مرور نوارهای اولیه که بیشتر در معرض سیلاب و در نتیجه انباشت رسوبات قرار می‌گیرند، دچار کاهش نفوذپذیری خواهند شد. رجائی و همکاران (۱۷) نیز تغییرات نفوذپذیری در شبکه پخش سیلاب جاجرم را تابع دفعات سیلاب‌گیری نوارهای پخش گزارش کردند که در نوار ۱ تا ۴ به حالت نامطلوب رسیده است. این وضعیت در روند رسوبگیری و تغییرات بافت خاک در نوارهای اولیه شبکه (شکل ۶) مشهود است. این امر موجب می‌شود در فواصل و ابعاد سازه‌ها و همچنین تعداد دروازه‌های پخش اصلاحاتی صورت گیرد، چرا که با تغییر رویکرد در طراحی نوارهای اولیه پخش و پر رنگ شدن نقش رسوبگیری در این بخش از عرصه می‌توان فاصله نوارها را کمتر، ارتفاع دروازه‌ها را بیشتر و تعداد دروازه بر روی هر خاکریز را کمتر درنظر گرفت. حتی می‌توان سیستم انتقال سیلاب در این بخش را از حالت لبه‌پخش به سیستم غلام‌گردشی تغییر داد و در هر خاکریز فقط یک دروازه تخلیه جانمایی کرد. با این تغییرات فرصت ترسیب بیشتری به رسوبات همراه سیل داده‌خواهد شد و عمر مفید نوارهای پایین‌دست در راستای تغذیه، بیشتر خواهد شد. همچنین می‌توان پیشنهاد تغییر توپوگرافی سطح عرصه در نوارهای اولیه با هدف ایجاد شرایط ترسیب بیشتر را به‌عنوان یک گزینه در طراحی عرصه‌های مشابه بیان کرد.

منابع

1. Arabkhedri, M. 2002. Research on the effect of sedimentation on permeability efficiency in the traditional flood spreading network of Khorasan (Bondsar). Final report of the research project. Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 102 pp (In Persian).
2. Babrnejad Ziarat, H., A.A. Zolfaghari, M.R. Yazdani, A.A. Hashemi and M. Kiyaniyan. 2017. Evaluation of fractal models in describing particle size distribution of sediment (Case of study: Fooladmahale of Semnan). Journal of Watershed Management Research, 8(15): 61-72 (In Persian).
3. Banham, S.G., S. Gupta, D.M. Rubin, J.A. Watkins, D.Y. Sumner, K.S. Edgett, J.P. Grotzinger, K.W. Lewis, L.A. Edgar, K.M. Stack-Morgan and R. Barnes. 2018. Ancient Martian aeolian processes and

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.19.15.8]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.19.132]

palaeomorphology reconstructed from the Stimson formation on the lower slope of Aeolis Mons, Gale crater, Mars. Sedimentology, 65(4): 993-1042.
4. Beganskas, S. and A. T. Fisher. 2017. Coupling distributed stormwater collection and managed aquifer recharge: Field application and implications. Journal of Environmental Management, 200: 366-379.
5. Birchler, J. 2014. Sediment Deposition and Reworking: A Modeling Study Using Isotopically Tagged Sediment Classes. Ph.D. diss, Presented to The Faculty of the School of Marine Science. The College of William and Mary in Virginia.
6. Carling, P.A. and S.F. Leclair. 2019. Alluvial stratification styles in a large, flash-flood influenced Dryland River: The Luni River, Thar Desert, north-west India. Sedimentology, 66(1): 102-128.
7. Einsele, G. 2000. Sedimentary Basins: Evolution, Facies and Sediment Budget. Book. Springer Berlin Heidelberg, Chapter 2. 19-93 pp.
8. Esmaeili Vardanjani, N., D. Gabriels, S.A. Kowsar and D. Raes. 2013. Assessment of sediment deposition in a floodwater spreading system of the Gareh Bygone Plain, IR Iran. In Boever, M.D., M. Khlosi, N. Delbecque, J.D. Pue. N. Ryken, A. Verdoodt, W.M. Cornelis and D. Gabriels(eds), Deserification and land degradation, Processes and mitigation, 144-155 pp. UNESCO Chair of Eremology Ghent University, Belgium.
9. Ghaffari, H.R. 1995. Investigation of floodwater spreading on alluvial sediments and its effect on artificial feeding in the Kal-Eyvar Jajarm basin. M.Sc. Thesis, Islamic Azad University of Tehran North Branch, 125 pp (In Persian).
10. Gray, A.B., G.B. Pasternack and E.B. Watson. 2018. Estuarine abandoned channel sedimentation rates record peak fluvial discharge magnitudes. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 203: 90-99.
11. Haj Seyed Alikhani, N., M. Baniasadi and N. Toghroli. 2007. Effect of Sediment Concentration on Infiltration of Infiltrated of Marid Nutrient Dam. Proceedings of Third Conference on Watershed Management and Water and Soil Management. Kerman, 744-748 pp (In Persian).
12. Javadi, M.R., M. Baghery, M. Vafakhah and S.A. Gholami. 2014. Effect of flood spreading on physical soil properties (Case study: delijan flood spreading). Journal of Watershed Management Research, 5(9): 119-129 (In Persian).
13. Khajavi1, K., M. ArabKhedri, M.H. Mahdian and S. Shadfar. 2015. Investigation of water erosion and soil loss values with using the measured data from Cs-137 method and experimental plots in Iran, Journal of Watershed Management Research, 6(11): 137-151 (In Persian).
14. Lyons, S.M. and G.F. Gifford. 1980. Impact of Incremental surface soil depths on infiltrations rates, potential sediment losses, and chemical water quality. Journal of Range Management, 33(3): 186-189.
15. Mahdian, M.H., E. Hosseini Chagini, H. Shriati and K. Khaksar. 2003. Study of the Effect of Flood spreading on Physicochemical Changes in Soil (Case Study: Flood spreading in Gushheh Damghan). Journal of Pajouhesh & Sazandegi, 61: 39-44 (In Persian).
16. Pirani, A., S. Boroumand and O. Charkhabi. 2003. Effect of flood spreading on soil permeability in Dehloran aquifer. Proceedings of Third Aquiferous Conference. Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 46-53 pp (In Persian).
17. Rajaie, S.H., K. Esmaili, A.A. Abbasi and A.N. Ziaei. 2013. Study of permability changes in water spreading projects (Case Study: Jajarm Projects). Iranian Journal of lrrigation and Drainage, 1(7): 114-121 (In Persian).
18. Rathburn, S.L., G.L. Bennett, E.E. Wohl, C. Briles, B. McElroy and N. Sutfin. 2017. The fate of sediment, wood and organic carbon eroded during an extreme flood, Colorado Front Range, USA. Geology, 45(6): 499-502.
19. Sokoti Oskoei, R. and M.H. Mahdiyan. 2009. Investigation of sedimentation in flood spreading networks on the Poldasht aquifer of West Azarbaijan. Journal of Pajouhesh & Sazandegi, 84: 36-41 (In Persian).
20. Szmytkiewicz, A. and T. Zalewska. 2014. Sediment deposition and accumulation rates determined by sediment trap and 210Pb isotope methods in the Outer Puck Bay (Baltic Sea). Oceanologia Journal, 56(1): 85-106.
21. Toghroly, N., M. Baniasadi, A. Mahdipor and M. Alizade. 2006. Investigation of Soil Physical and Chemical Factors in Abbarik Bam Water Flood Spread. Proceedings of Second Conference on Watershed Management and Water and Soil Management. Kerman, 126-130 pp (In Persian).
22. Walsh, J.P., D.R. Corbett, J.M. Kiker, A.R. Orpin, R.P. Hale and A.S. Ogston. 2014. Spatial and temporal variability in sediment deposition and seabed character on the Waipaoa River margin, New Zealand. Continental Shelf Research, 86: 85-102.
23. Wang, Z., X. Du, Y. Yang and X. Ye. 2012. Surface clogging process modeling of suspended solids during urban stormwater aquifer recharge. Journal of Environmental Sciences, 24(8): 1418-1424.
24. Xinqiang, Du., Y. Fang, Z. Wang, J. Hou and X. Ye. 2014. The Prediction Methods for Potential Suspended Solids Clogging Types during Managed Aquifer Recharge. Water, 6(4): 961-975.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.19.15.8]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.19.132]

Investigation of Characterized Sediments in the Field of Floodwater Spreading and Artificial Recharge (Case Study: Jajarm Aquifer)

Sayed Hossein Rajaei[1], Kazem Esmaeili[2], Ali Akbar Abbasi[3] and Ali Naghi Ziaei[4]

1- Researcher of Agricultural and Resources Research Center of Khorasan Razavi, (Corresponding author: h.rajaei@areeo.ac.ir)
2 and 4- Associate Professor and Assistant Professor, Department of Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
3- Assistant Professor, Agricultural and Resources Research Center of Khorasan Razavi
Received: November 11, 2017 Accepted: August 4, 2018

Abstract

Study of sedimentation trend in artificial recharge projects and flood spreading on the aquifer (Aquifer management) can be effective in designing structures and network management. Literature review shows that most studies in the flood spreading area shave been conducted in networks that have a low life span or low flood numbers. Since 1997, the flood spreading station on the Jajarm aquifer in North Khorasan province has recorded 37 floods. Events In this study, in order to investigate the surface sedimentation and soil texture changes in the flood spreading area, sampling of sediments were done in the main canal and 9 secondary canals. In the next step, three soil profiles inside the grid and a profile outside the field were drilled (as a control sample) and samples were taken at three depths of 0-30, 60-30 and 60-90cm. Sediment and soil samples were prepared by using standard sieves. The fine particles were gained by hydrometric testing. The results show that the sediments in the flood spreading network have silt and texture clay. The sediment aggregates become smaller toward downstream flood spreading region. Although the changes in tapes 4 to 9 are much less. The results of soil profiles show that fine-grained sediments are deposited on the surface of the soil at a depth of 0 to 30cm and a small portion of the sediments penetrates into the underlying layers. Based on the results, it is suggested in the implementation plans, the initial strips should be considered as sediment traps and the dimensions and distances of the structures should be designed in accordance with these conditions.

Keywords: Aquifer Management, Artificial Recharge, Flood Spreading, Permeability, Sediment

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.19.15.8]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.19.132]