

بررسی و ارزیابی کیفیت رواناب حاصل از سازندهای حساس به فرسایش با استفاده از بارانساز

مصنوعی

^۱ علی باقریان کلات، ^۲ غلامرضا لشکریپور، ^۳ محمد غفوری و ^۴ علی اکبر عباسی
^۴ مشهد، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی،

^۳ ^۲ دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم، گروه زمین شناسی lashkaripour@um.ac.ir

چکیده

در این تحقیق، کیفیت رواناب حاصل از سازندهای حساس به فرسایش در حوزه آبخیز سد تغذیه ای- ذخیره ای دهن قلعه بردسکن مورد بررسی قرار گرفت. منطقه مورد پژوهش در شمال غرب شهرستان بردسکن واقع است. برای انجام پژوهش از یک دستگاه باران ساز قابل استفاده شد. در هر یک از سازندهای حساس به فرسایش، با استفاده از دستگاه شبیه ساز باران، آزمایش شبیه ساز باران با استفاده از آب مقطر در چندین نقطه بر روی سطح این سازندها انجام شد. رواناب خروجی از پلات هر آزمایش جمع آوری و حجم آن اندازه گیری شد. نمونه رواناب را به خوبی هم زده تا خوب مخلوط شود. بلافاصله دو نمونه همگن و با حجم مشخص از نمونه رواناب مربوط به هر آزمایش تهیه شد. یکی از نمونه ها برای تعیین میزان رسوب و گل آلودگی استفاده شد. رسوب هر نمونه با استفاده از کاغذ صافی جدا شده و پس از خشک شدن در کوره (در دمای ۱۰۵ درجه و پس از گذشت ۲۴ ساعت) توزین شد. سپس با توجه به نسبت حجم نمونه مورد آزمایش به حجم کل نمونه رواناب، رسوبدهی نمونه بر حسب گرم بر متر مربع تعیین شد. نمونه دیگر در آزمایشگاه برای تعیین میزان شوری و TDS مورد استفاده قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که میزان گل آلودگی، شوری و میزان کل مواد جامد محلول رواناب در سازندهای مورد مطالعه متغیر بود و با یکدیگر تفاوت زیادی نشان داد.

واژه های کلیدی: حوزه آبخیز، کیفیت رواناب، بارانساز مصنوعی

مقدمه

رشد جمعیت و استفاده روزافزون آب در بخشهای کشاورزی، صنعت و شرب در دهه های اخیر موجب بروز کمبود شدید آب در اغلب کشورها و از جمله کشور ما شده است. بحران آب در اغلب مناطق کشور، لزوم اجرای طرحهای مختلف استحصال آب را توجیه می نماید. طی سالهای گذشته در حوزه های آبخیز کشور جهت استحصال روانابها پروژه های متعددی اجرا شده است. کیفیت نامناسب روانابها در برخی از حوزه های آبخیز، یکی از مشکلات جدی تامین آب به شمار می رود. گل آلودگی زیاد و وجود ذرات معلق بالا در روانابها و همچنین شوری آنها، لزوم توجه کافی به منشاء این آلودگیها را طلب می کند.

روشهای مختلفی برای بررسی میزان تولید رواناب و رسوب و کیفیت اب در سازندهای مختلف وجود دارد ولی متداولترین روش بررسی فرآیندی که امروزه به طور وسیع به کار می رود بهره گیری از دستگاه بارانساز مصنوعی است که ویژگی های فیزیکی باران را می توان به طور دلخواه در آنها اعمال کرد. سرعت، کارایی و امکان تکرار پذیری از دیگر مزایای استفاده از باران سازهای مصنوعی است. اما دستگاههای باران ساز هرگز نمی توانند شرایط طبیعی را بطور کامل ایجاد کنند. با این وجود استفاده از باران سازها به دلیل مزایای فوق برای پژوهش در زمینه جنبه های مختلف فرسایش و تولید رسوب در سطح جهان رایج است.

عبدی نژاد و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از دستگاه بارانساز مصنوعی، میزان تولید رواناب در سطح واحدهای مارنی منطقه زنجان را مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند که معادلات همبستگی بین زمان شروع، حجم و ضریب رواناب در واحدهای مارنی از نوع درجه درجه دوم است. بر اساس مقایسه میانگین مقادیر به روش دانکن، واحدهای مارنی از نظر حجم و ضریب رواناب به چهار گروه و از نظر زمان شروع رواناب به سه گروه تقسیم می شود.

حسنوند (حسنوند، ۱۳۹۰) در تحقیقی آلودگی آب مخزن سد گتوند علیا را با توجه به شرایط زمین شناسی مخزن سد، قبل از آبیگری مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفت از بین سازندهای مذکور سازند گچساران و میشان به دلیل وجود تشکیلات آهکی، نمکی و ژیبسی و داشتن نرخ انحلال بالای این تشکیلات، بیشترین تاثیر را بر کیفیت آب سد پس از آبیگری دارند. پس از آبیگری از سد و زیر آب رفتن بخش قابل توجهی از این دو سازند، آب به مدت یک سال پس از آبیگری در رده آبهای با شوری بالا قرار می گیرد. با توجه به اینکه تیپ آب فرازبند سد، نیز کلرو سدیک است، نشان دهنده تاثیر بارز سازندهای میشان و گچساران منطقه بر کیفیت آب است.

جوادی و همکاران (۱۳۹۳) در تحقیقی با عنوان "مقایسه رواناب و غلظت رسوب معلق در واحدهای کاری مختلف در حوزه آبخیز لایچ" نتیجه گرفتند که حداکثر مقدار رواناب و رسوب در کاربری مرتع حاشیه روستا و در شیب ۱۵ تا ۳۰ درصد و در سازند شمشک به وقوع پیوسته است و حداقل مقدار رواناب و رسوب در کاربری مرتع و در طبقه شیب ۱۲ تا ۱۵ درصد و در سازند الیکا ایجاد گردیده است.

بریان و همکاران (Bryan et al., 1984) با تحقیقی که بر روی دو حوزه کوچک واقع در بدلندهای پارک دایناسور که متشکل از لیتولوژی شیل، مادستون و ماسه سنگ است انجام دادند نتیجه گرفتند که سدیم حدود ۸۰ تا ۹۵ درصد از کل کاتیونهای موجود در عصاره گل اشباع این بدلندها را تشکیل داده و مقدار SAR بین ۹ تا ۱۹ متغیر است. سولفات آنیون غالب است و میزان نترات بالا بوده و غلظت یون کلر ناچیز است. در شیلها در مقایسه با ماسه سنگها، یون سولفات نسبت بیشتری از آنیونها را تشکیل می دهد. شوری عصاره گل اشباع برای ماسه سنگ ۱۶۴۳ و برای شیلها بین ۲۹۳۸ و ۶۲۸۰ میکروموس بر سانتیمتر متغیر است. نتایج مشابهی توسط ساترلند و برایان (Sutherland and Bryan, 1988) بدست آمده است به طوری که در عصاره اشباع حاصل از رگولیتهای ناشی از فرسایش ماسه سنگهای هوازده، میزان شوری ۴۸۰

میکروموس بر سانتیمتر بوده و برای شیلهای هوازده بین ۶۳۸ تا ۱۰۴۰ میکروموس بر سانتیمتر است. هر دو نوع این بررسیها موید نقش مهم شیلها در ورود مواد حل شونده به روانابها می باشد. دی بور و کمپل (DE Boer and Campbell, 1990) نیز در تحقیق مشابهی با استفاده از بارانساز بر روی بدلندهای پارک دایناسور، میزان دبی، غلظت رسوب و شوری رواناب حاصل را بر روی دو حوزه کوچک ۷/۹ و ۲۰/۲ هکتاری مورد بررسی قرار دادند. این بررسی نشان داد که مقدار شوری رواناب بین ۲۵۵ تا ۸۰۰ میکروموس بر سانتیمتر بوده و در میان کاتیونها و آنیونها، به ترتیب سدیم و سولفات یونها غالب می باشند.

کردا (Cerda, A., 1999) در تحقیقی بر روی رواناب و رسوب در بخش نیمه خشک اسپانیا در خاکهای حاصل از چهارنوع مواد مادری (سنگ) شامل آهک رس، رس سنگ، سنگ آهک و ماسه سنگ نشان داد که خاک حاصل از مواد مادری آهک رس رسوب زیادی داشته و سریعاً رواناب تولید میکند در صورتی که ماسه سنگ رواناب کم و رسوب ناچیزی داشته است. سنگ آهک و رس سنگ بین این دو حد قرار دارند.

کانتون و همکاران (Canton et al., 2001) تحقیقی را با عنوان "بررسی پاسخ هیدرولوژیکی و فرسایش بدلندهای ناحیه نیمه خشک جنوب اسپانیا" انجام دادند. میانگین بارندگی منطقه ۲۳۵ میلیمتر بوده و لیتولوژی مواد مادری عمدتاً شامل گل سنگ (مادستون) و ماسه سنگ سخت نشده می باشد. بررسی این محققین نشان داد که خصوصیات خاک سطحی و شدت بارندگی از مهمترین عواملی است که تعیین کننده میزان فرسایش خاک و تولید رواناب می باشد.

فرناندز و وگا (Fernandez and Vega, 2006)، در اراضی بدون پوشش گیاهی در اسپانیا با استفاده از بارانساز میزان رواناب و فرسایش و رسوب را در شرایط رطوبتی حداقل یعنی قبل از شروع بارندگیهای شدید منطقه، مورد مطالعه قرار دادند. نتایج حاصل از این مطالعه بیان کننده رابطه همسو بین رطوبت خاک با میزان رواناب و رسوب و رابطه منفی بین مواد آلی و تولید رواناب و رسوب داشته است. در نهایت نامبردگان نتیجه گرفتند که مقدار تولید رواناب و رسوب تابعی از نوع خاک و مدیریت آن می باشد.

سیگر (Seeger, 2007) در تحقیقی با هدف بررسی فاکتورهای موثر در ایجاد رواناب و رسوب در خاکهای حاصل از لیتولوژیهای مختلف (مارن، مارن آهکی، آهک، کنگلومرا و ماسه سنگ)، در نواحی مرطوب شمال شرق و همچنین نواحی نیمه خشک جنوب شرق اسپانیا بیش از ۱۰۰ آزمایش با باران ساز انجام داد. میانگین ضریب رواناب ۰/۴۱ و آستانه شروع رواناب بین ۴۱ ثانیه و حدود ۳۰ دقیقه بدست آمد. میزان غلظت در رواناب متغیر بوده و بین ۰/۲ تا ۳۳/۹ گرم در لیتر حاصل شد. بررسیهای این محقق نشان داد که از نظر آماری فقط بین درصد پوشش گیاهی و تولید رسوب در سطح ۰/۰۵ همبستگی منفی وجود داشت.

وهایی و مهدیان (Vahabi and Mahdian, 2008)، در حوزه طالقان زنجان از یک باران ساز در پلاتی به ابعاد ۰/۸۹ * ۱/۲ متر به منظور بررسی اثر شیب، پوشش گیاهی، بافت خاک و رطوبت اولیه بر رواناب استفاده نموده و نتیجه گرفتند که پوشش گیاهی و رطوبت اولیه به ترتیب بیشترین تاثیر منفی و مثبت را بر میزان رواناب دارد اما درصد شیب همبستگی کمی با رواناب نشان می دهد.

نادال-رومرو و همکاران (Nadal-romero et al., 2009)، ارتباط بین بارندگی، رواناب و رسوبات معلق در حوزه کوچک بدلندی (۴۵ هکتاری) واقع در شمال شرقی اسپانیا را مورد بررسی دادند. لیتولوژیهای حوزه از مارنهای توده ای و فیلیش تشکیل شده است. ۷۵ درصد از سطح حوزه دارای پوشش گیاهی خوب بوده و ۲۵ درصد انتهایی حوزه بصورت بدلندی بوده و فاقد پوشش گیاهی است. طی حدود دو سال مورد بررسی، حداکثر بارندگی سالانه ۵۰۰ میلیمتر بوده که در این مدت ۷۹

واقعیه سیلاب رخ داده است. غلظت نمونه های رسوب سیلاب در خروجی حوزه غالباً بیشتر از ۱۰۰ گرم در لیتر بوده و حتی به ۱۲۰۰ گرم در لیتر نیز بالغ شده است.

جوشی و تامبه (Joshi and Tambe, 2010) با هدف بررسی تاثیر شیب و پوشش گیاهی بر میزان نفوذ، رواناب و رسوبدهی بدلندهای واقع در غرب هند، تحقیقی را انجام داده و نتیجه گرفتند بدلندهای با شیب زیاد و فاقد پوشش گیاهی دارای بیشترین مقدار رسوب و رواناب می باشند.

رویز سینوگا و همکاران (Ruiz Sinoga et al., 2010) در تحقیقی در جنوب اسپانیا نقش ویژگیهای سطح خاکهای واقع در سنگهای دگرگونی (شیست و فیلیت) بر تولید رواناب و هدررفت خاک در پلاتهای فرسایشی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که بین طول پلات و ضریب رواناب و همچنین تولید رسوب رابطه معکوس وجود دارد. با افزایش درصد خردهسنگها در سطح خاک، میزان تولید رواناب و رسوب کاهش یافت. ضمناً افزایش درصد پوشش گیاهی منجر به کاهش تولید رسوب و رواناب گردید.

زائو و همکاران (Zhao et al., 2013) با استفاده از باران ساز تحقیقی را با هدف بررسی میزان رواناب و رسوب نهشتههای لسی در اراضی تپه ماهوری واقع در شمال ایالت شانکسی چین انجام دادند. این منطقه دارای اقلیم نیمه خشک بوده و میانگین بارش سالانه آن ۴۲۰ میلیمتر است. تحقیق در دامنه های جنوبی و بر روی اراضی بدون پوشش و همچنین واجد پوشش گیاهی و تحت سه شدت بارش مختلف به انجام رسید. نتایج تحقیق نشان داد که در پلاتهای با شیب مساوی که رطوبت اولیه خاک یکسانی داشتند، شدت بارندگی تاثیر زیادی در زمان شروع رواناب دارد.

مارتینز موریلو و همکاران (Martinez-Murillo et al., 2013) طی تحقیقی بررسیهایی را که با استفاده از روش بارانساز مصنوعی بر روی بدلندهای غرب مدیترانه صورت گرفته را مورد بررسی و ارزیابی قرار دادند. این بررسیها عمدتاً مربوط به بدلندهای مدیترانه ای واقع در شرق اسپانیا و جنوب شرق فرانسه بوده که میزان بارندگی سالانه این مناطق بین ۲۱۸ تا ۹۰۰ میلیمتر و میانگین دمای سالانه آنها بین ۸/۵ تا ۱۷/۹ درجه سانتیگراد متغیر است. این محققین نتیجه گرفتند که نتایج این بررسیها در راستای تعیین فاکتورهای موثر بر میزان فرسایش و رواناب بدلندها و همچنین تحلیل این فرایندها بسیار مفید و ارزشمند می باشد. نرخ نفوذ کم تا متوسط (بین ۰ تا ۵۵ میلیمتر در ساعت) و ضرایب بالای رواناب (غالباً بیشتر از ۶۰ درصد) از ویژگیهای بارز این بدلندها به شمار می رود. روابط مثبت بین رطوبت اولیه خاک با ضرایب رواناب مشاهده گردیده است.

بررسی منابع مربوط به این تحقیق نشان داد که کیفیت رواناب حاصل از سازندهای مختلف با یکدیگر تفاوت دارند. خصوصیات فیزیکوشیمیایی مربوط به خاک این سازندها مهمترین عاملی است که این تغییرات را توجیه می کند. شناخت این عوامل میتواند در ارایه پیشنهاد های مدیریتی و انتخاب حوزه های مناسب به منظور استحصال رواناب مفید واقع شود. با توجه به این موارد، هدف این پژوهش بررسی تغییرات کیفیت رواناب حاصل از سطح خاک با تغییر مواد مادری خاک می باشد.

مواد و روشها

ویژگی های عمومی منطقه مورد بررسی

این بررسی بر روی سازندهای حساس به فرسایش در حوزه آبریز بالادست سد دهن قلعه بردسکن انجام شد. حوزه مورد بررسی حدود ۱۸۵۰ کیلومتر مربع مساحت دارد. نهشته های حساس به فرسایش بیش از نیمی از سطح حوزه را تشکیل می دهند. شیب متوسط حوزه حدود ۱۵ درصد است. اقلیم منطقه از نوع نیمه خشک می باشد.

نحوه اجرای تحقیق

این تحقیق با هدف بررسی کیفیت رواناب (میزان شوری و کل جواد جامد محلول) و همچنین میزان گل آلودگی نمونه های رواناب حاصل از آزمایش با دستگاه بارانساز با استفاده از آب مقطر بر روی سازندهای مختلف فرسایش پذیر، به شرح ذیل انجام شده است:

الف- انجام مطالعات کتابخانه ای و جمع آوری اطلاعات مورد نیاز

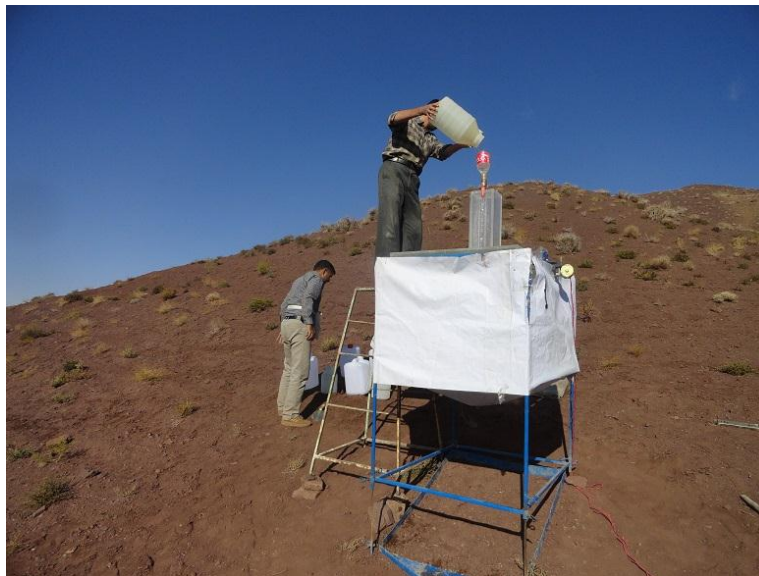
ب- انجام عملیات میدانی به منظور:

- تهیه نقشه زمین شناسی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰

نقشه زمین شناسی حوزه با استفاده از نقشه زمین شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، تصاویر ماهواره ای موجود و بررسیهای میدانی تهیه شد. سپس سازندهای حساس به فرسایش بر اساس نقشه زمین شناسی مشخص شد. آزمایشهای مورد نظر با استفاده از دستگاه بارانساز بر روی سازندهای حساس به فرسایش به انجام رسید. در شکل (۲) تصویری از انجام آزمایش با استفاده از دستگاه شبیه ساز باران ارائه شده است.

- جمع آوری نمونه های رواناب از سطح سازندهای حساس به فرسایش با استفاده از دستگاه شبیه ساز باران

برای جمع آوری نمونه های رواناب از سطح سازندهای فرسایش پذیر، از یک دستگاه باران ساز از نوع باران سازهای قابل حمل از جنس پلکسی گلاس به ابعاد (۸۹×۱۲۰) سانتی متر، به ارتفاع ۱/۵ متر استفاده شد. در هر یک از سازندهای حساس به فرسایش، با استفاده از دستگاه شبیه ساز باران، آزمایش شبیه ساز باران با استفاده از آب مقطر در چندین نقطه بر روی سطح این سازندها انجام شد. میزان رواناب خروجی از پلات جمع آوری و حجم آن اندازه گیری شد. نمونه های مربوط به هر آزمایش برای آنالیز کیفی نمونه رواناب، به آزمایشگاه منتقل گردید. لازم به ذکر است که آن دسته از تداومهایی که از نظر تولید رواناب و ایجاد فرسایش و رسوب مهم هستند و معمولاً کاربرد بیشتری دارند، مورد توجه قرار میگیرد. بر این اساس شدت بارندگی ۳۰ دقیقه ای در دوره بازگشت ده سال برای حوزه مورد بررسی محاسبه و مدنظر قرار گرفت.



شکل (۲)- تصویری از انجام آزمایش با استفاده از دستگاه شبیه ساز باران بر روی سازند مارن قرمز.

ج- تعیین گل آلودگی و میزان شوری و ذرات جامد نمونه های رواناب در آزمایشگاه

جمع آوری و برای تعیین برخی از ویژگیهای کیفی در آزمایشگاه آنالیز شد. پس از اندازه گیری حجم نمونه مربوط به رواناب خروجی از هر پلات، نمونه را به خوبی هم زده تا خوب مخلوط شود. بلافاصله دو نمونه همگن و با حجم مشخص از نمونه رواناب مربوط به هر آزمایش تهیه شد. یکی از نمونه ها برای تعیین میزان رسوب و گل آلودگی رواناب و نمونه دیگر برای تعیین میزان شوری و ذرات جامد رواناب استفاده شد.

برای تعیین میزان رسوب و گل آلودگی رواناب، رسوب هر نمونه با استفاده از کاغذ صافی جدا شده و پس از خشک شدن در کوره (در دمای ۱۰۵ درجه و پس از گذشت ۲۴ ساعت) توزین شد. سپس با توجه به نسبت حجم نمونه مورد آزمایش به حجم کل نمونه رواناب، رسوبدهی نمونه بر حسب گرم بر متر مربع تعیین شد.

نمونه همگن دیگر از رواناب مربوط به هر آزمایش، به منظور تعیین میزان شوری و ذرات جامد در آزمایشگاه آنالیز شد.

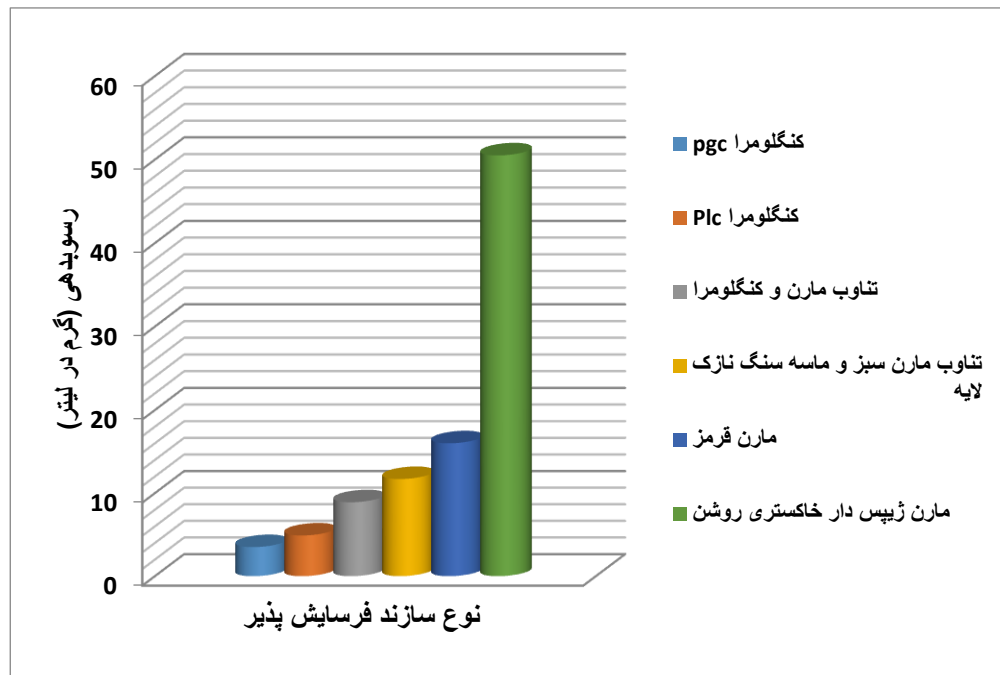
نتایج و پیشنهادات

در این مقاله، میانگین ویژگیهای رواناب ناشی از نتایج چندین آزمایش مختلف که بر روی نقاط مختلفی از هر سازند انجام شد، مورد تحلیل قرار گرفته است. نتایج این تحقیق نشان داد که میزان گل آلودگی رواناب ناشی از آزمایش بارانساز در حوزه مورد بررسی بر روی سازندهای مورد بررسی، به طور متوسط بین حدود ۳/۵ تا ۵۰ گرم در لیتر برای سازندهای مورد مطالعه متغیر بود. خلاصه نتایج در شکل (۳) ارائه شده است. همان گونه که این شکل نیز نشان می دهد، رواناب مربوط به انجام آزمایش بر روی گنگلومرای Pgc دارای کمترین میزان گل آلودگی بوده و رواناب مربوط به مارن ژئوپس دار دارای بیشترین میزان گل آلودگی است.

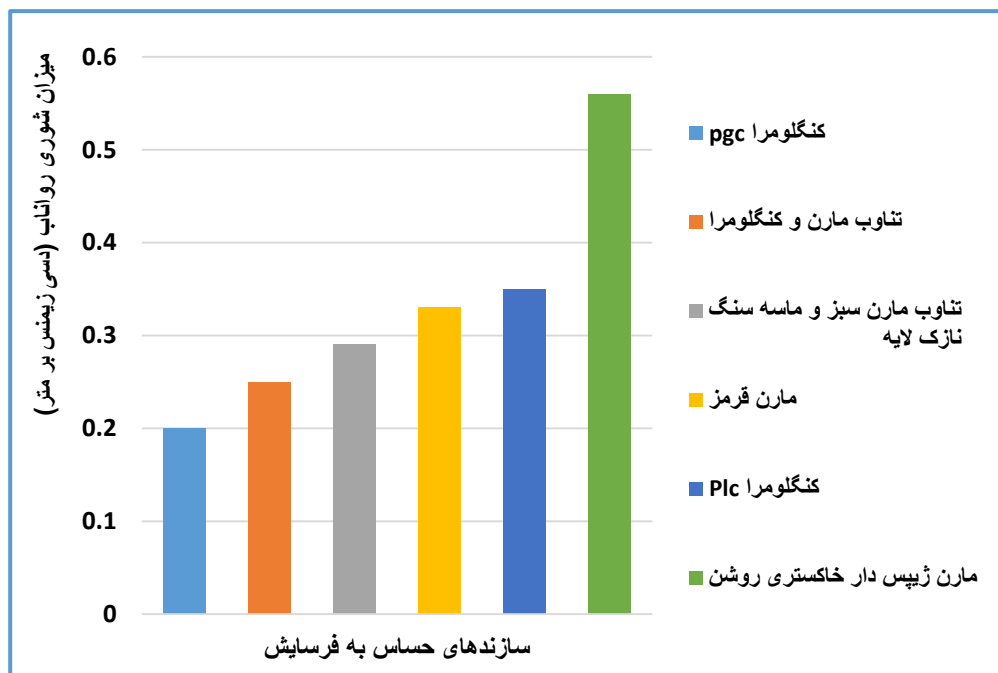
بررسی ها نشان داد که در آزمایشهای انجام شده بر روی سازندهای مورد بررسی با دستگاه بارانساز، کمترین میزان شوری و کل مواد جامد محلول در نمونه های رواناب، به ترتیب حدود ۰/۲ دسی زیمنس بر متر و ۳۶۰ میلیگرم در لیتر است. بیشترین میزان شوری و کل مواد جامد محلول در نمونه های رواناب نیز به ترتیب حدود ۰/۵۶ دسی زیمنس بر متر و ۱۳۰ میلیگرم در لیتر برای سازندهای مورد مطالعه متغیر بود. خلاصه نتایج در شکل‌های (۴) و (۵) ارائه شده است. همان گونه که در این شکلها نیز قابل ملاحظه است، رواناب حاصل از سازند گنگلومرای Pgc دارای کمترین مقدار شوری و کل مواد جامد محلول بوده و رواناب حاصل از سازند مارن ژئوپس دار دارای بیشترین میزان شوری و کل مواد جامد محلول است (شکل‌های ۴ و ۵).

با توجه به این که در حوزه های آبخیز بالادست سدها سازندهای مختلف فرسایش پذیری ممکن است گسترش داشته باشند لذا برای برآورد عمر مفید سد لازم است به رسوبدهی این سازندها توجه داشت. سازندهای گنگلومرا، مارن و مارنهای ژئوپس دار از سازندهایی هستند که نسبت به فرسایش بسیار حساس می باشند. چنانچه این سازندها در حوزه آبریز سدها گسترش زیادی داشته باشند به دلیل فرسایش پذیری و رسوبدهی زیادی که دارند طی چند سال ممکن است موجب پر شدن مخزن سد شوند. از طرف دیگر، در رواناب حاصل از این نوع سازندها میزان شوری و کل مواد جامد محلول (TDS) زیاد است. این موضوع موجب کیفیت نامطلوب آب های استحصالی برای مصارف مختلف شده و بر راندمان پروژه سد به شدت تاثیر نامطلوب خواهد گذاشت. حتی برای سدهایی که در حوزه آبریز بالادست آنها میزان گسترش سازندهای حاوی رسوبات تبخیری زیاد نباشد اما مخزن و یا تکیه گاههای سد بر روی این گونه نهشته ها واقع باشد، معضل انحلال نهشته های تبخیری و در نتیجه شور شدن و کیفیت نامطلوب آب سد کاملاً قابل پیش بینی است.

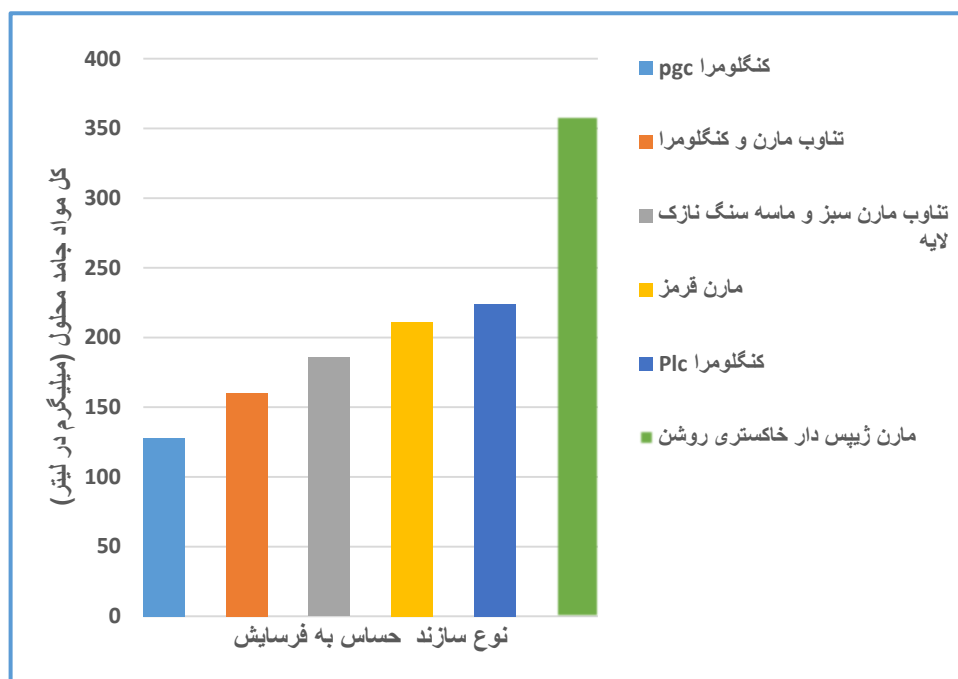
لذا در هنگام مطالعات مکانیابی و جانمایی سد، بررسی دقیق در مورد نهشته های حساس به فرسایش کاملاً ضروری است و بی توجهی به آن موجب کاهش چشمگیر در عمر مفید سد و کیفیت نامطلوب آب سد خواهد شد.



شکل (۳)- میزان گل آلودگی در نمونه های رواناب حاصل از آزمایش با دستگاه بارانساز با استفاده از آب مقطر بر روی سازندهای مختلف فرسایش پذیر.



شکل (۴)- میزان شوری نمونه های رواناب حاصل از آزمایش با دستگاه بارانساز با استفاده از آب مقطر بر روی سازندهای مختلف فرسایش پذیر.



شکل (۵)- میزان شوری نمونه های رواناب حاصل از آزمایش با دستگاه باران ساز با استفاده از آب مقطر بر روی سازندهای مختلف فرسایش پذیر.

فهرست منابع :

- ۱- عبدی نژاد، پرویز؛ فیض نیا سادات؛ پیروان، حمیدرضا؛ فیاضی، فرج الله و طبخ شعبانی، امیر علی. ۱۳۹۰. ارزیابی میزان تولید رواناب در واحدهای مارنی سازندهای زمین شناسی استان زنجان با استفاده از دستگاه باران ساز. مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. سال پنجم، شماره ۱۷.
- ۲- جوادی، محمد رضا، شعبانعلی، غلامی و جعفر، دستورانی. ۱۳۹۳. مقایسه رواناب و غلظت رسوب معلق در واحدهای کاری مختلف در حوزه آبخیز لاریج. فصلنامه علمی پژوهشی اکوسیستمهای طبیعی ایران، سال پنجم، شماره اول. صفحه ۸۵ تا ۹۶.
- ۳- حسنوند، مائده. ۱۳۹۰. ارزیابی آلودگی آب سد گتوند علیا با توجه به شرایط زمین شناسی مخزن سد. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی شاهرود، دانشکده علوم انسانی.

- 4- Bryan, R.B., Imeson, A.C. and Campbell, I.A., 1984. Solute release and sediment entrainment on microcatchments in the Dinosaur Park badlands, Alberta, Canada. *J. Hydrol.*, 71: 79-106.
- 5- Canton Y., Domingo F., Sole Benet A., Puigdefabregas J. 2001. Hydrological and erosion response of a badland system in semiarid SE Spain. *Journal of Hydrology*, 252: 65-84.
- 6- De boer bper drik H. and Campbellian A. 1990. Runoff Chemistry as an indicator of runoff sources and routing in semi-arid, badland drainage basins. *Journal of Hydrology*, 121: 379-394.
- 7- Fernandez, C, Jack. Vega. 2006, Run off and soil erosion after rainfall simulations in burned soil. *Forest ecology and management*. PP: 375-377.
- 8- Joshi V. U. and Tambe D. T. 2010. Estimation of infiltration rate, run-off and sediment yield under simulated rainfall experiments in upper Pravara Basin, India: Effect of slope angle and grass-cover. *J. Earth Syst. Sci.* 119, No. 6, December 2010, pp. 763-773.

- 9- Martínez-Murillo J.F., Nadal-Romero E., Regüés D., Cerdà A. and Poesen J. 2013. Soil erosion and hydrology of the western Mediterranean badlands throughout rainfall simulation experiments: a review. *Catena* 106, 101-112.
- 10- Nadal-Romero E., Regüés D, and Latron J. 2009. Relationships among rainfall, runoff, and suspended sediment in a small catchment with badlands. *Catena* (74) 127-136.
- 11- Ruiz Sinoga J.D., Romero Diaz A., Ferre Bueno E. and Martínez Murillo J.F. 2010. The role of soil surface conditions in regulating runoff and erosion processes on a metamorphic hillslope (Southern Spain). *Catena* (80) 131-139.
- 12- Sutherland, R.A. and Bryan, R.B. 1988. Solute sources and transport in an ephemeral catchment, southeastern Alberta, Canada. *Can. J. Earth Sci.*, 25:167 181.
- 13- Seeger, M. 2007. Uncertainty of factors determining runoff and erosion processes as quantified by rainfall simulations. *Catena*. 71: 56-67.
- 14- Vahabi, J., and Mahdian, M.H. 2008. Rainfall simulation for the study of the effects of efficient factors on runoff rate. *Current Sci*. 95: 1439-1445.
- 15- Vahabi J. and Nikkami D. 2008. Assessing dominant factors affecting soil erosion using a portable rainfall simulator. *Elsevier*. 23: 376-386.
- 16- Zhao X., Wu P., Chen X., Helmers M.J. and Zhou X. 2013. Runoff and sediment yield under simulated rainfall on hillslopes in the Loess Plateau of China. *Soil Research*, 51, 50-58.