



شماره ۱۱۸، بهار ۱۳۹۷

# پژوهش‌های آب‌نخزرداری (پژوهش و سازندگی)

## تأثیر اقدام‌های آبخیزداری بر خصوصیات جریان و مواد معلق در حوزه‌ی آبخیز فشند، هشتگرد

**تیمور تیموریان\***

(نویسنده‌ی مسئول)\* دانشجوی دکترای آبخیزداری، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه تهران

**سادات فیض‌نیا**

استاد دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه تهران

**سیدداود سیدعلی‌خانی**

، کارشناس ارشد آبخیزداری، کارمند اداره‌ی منابع طبیعی شهرستان ساوجبلاغ

تاریخ دریافت: دی ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۷

\*Corresponding Email: t.teimurian@ut.ac.ir

### چکیده

اقدام‌های آبخیزداری شامل روش‌هایی برای ایجاد، افزایش و حفظ پوشش گیاهی، برای کاهش روان‌آب، مهارکردن سیل و کاهش فرسایش و غلظت مواد معلق در حوزه‌ی آبخیز است. عملیات اجرایی آبخیزداری در حوزه‌ی آبخیز فشند هشتگرد از ۱۳۷۵ تا ۱۳۷۷ با هدف تأخیر در بروز سیل انجام شده است که باعث افزایش زمان تمرکز، تخلیه‌ی تدریجی روان‌آب، تزریق و کاهش زیان‌ها در زیرحوزه‌های آبخیز تغذیه‌کننده می‌شود. در این مطالعه، برای ارزیابی اثرهای اقدام‌های انجام‌شده در منطقه از تحلیل اثرهای کیفیت آب، منحنی جرم مضاعف و مواد معلق استفاده شد. نتایج نشان‌دهنده‌ی تأثیر مثبت اقدام‌های آبخیزداری است. به طوری که با انجام اقدام‌های آبخیزداری نسبت کلسیم به منیزیم افزایش، و غلظت مواد معلق خروجی از حوزه‌ی آبخیز کاهش چشم‌گیری داشته است. شیب خط منحنی جرم مضاعف بارندگی-روان‌آب از ۰/۳۳۳۶ به ۰/۲۰۳۳، و ۶۰٪ کاهش پیدا کرده، و میزان بار معلق از ۱۴۸۰ تن در سال به ۳۱۷ تن در سال، و به میزان ۴/۶۶ برابر کاهش یافته است. پرشدن سراب اکثر سازه‌های آبخیزداری سنگی ملاتی، تورسنگ و سنگی نیز مؤید این مطلب است که سازه‌های آبخیزداری، به خصوص در دوره‌ی اول بعد از اقدام‌های آبخیزداری، یعنی از سال تاسیس تا سال ۱۳۸۲ نقش خود را به خوبی در منطقه ایفا نموده، و میزان روان آب و بار معلق خروجی را از حوزه‌ی آبخیز به میزان زیادی کاهش داده‌اند.

**واژه‌های کلیدی:** اقدام‌های آبخیزداری، حوزه‌ی آبخیز فشند، مواد معلق، منحنی جرم مضاعف

## The Impact of Watershed Rehabilitation Measures on the Flow and Sediment Characteristics of the Fashand Catchment, Hashtgerd

**Teimur Teimurian**

Ph.D. student, Watershed Management, Faculty of Natural Resources, University of Tehran

**Sadat Feiznia**

Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran

**Seyyed Davod Seyyedalikhani**

Master of Watershed Management, Department of Natural Resources, Savejbolag

### Abstract

Watershed management measures are ways and means to restore, enhance and maintain vegetative cover in order to reduce runoff, control flood and reduce erosion and sediment concentration in the watershed. Soil and water conservation structures (SWCS) were installed on the Fashand Catchment, Hashtgerd during the 1996–1998 period with the aim of delaying the onset of flooding, increasing the time of concentration, decreasing the runoff discharge, recharging groundwater and reducing damage on the sub-basins. The study was designed to evaluate the effects of those structures not only on the outflow of the basin, but also on the water quality. To this end the double mass analysis was performed. The results indicated the positive impact of the SWCS. The ratio of calcium to magnesium had increased, and the sediment concentration of the basin discharge had dramatically decreased. The slope of the double-mass curve of rainfall-runoff had decreased from 0.3336 to 0.2033, i.e. by 60 percent; the mean annual suspended load had decreased from 1480 tons to 317 tons, a 4.66 fold reduction. The SWCS had effectively trapped the bed and suspended loads up to 2003, when their upstream reservoirs were overflowed with sediment.

**Keywords:** double- mass curve, Fashand Catchment, suspended load, watershed measures

### مقدمه

مدیریت خطرهای سیلاب یکی از فعالیت‌های مهم در برنامه‌ریزی منابع آب برای به حداقل رساندن آسیب‌های احتمالی و حمایت از توسعه پایدار جوامع است (یزدی و همکاران ۲۰۱۳). اقدام‌های آبخیزداری به‌طور فزاینده نقش مهمی در مدیریت منابع آب و خاک در سراسر جهان ایفا می‌کنند (کر و چانگ ۲۰۰۲). اقدام‌های آبخیزداری در حوزه‌ی آبخیز باعث مهارکردن و کاهش میزان مواد معلق خروجی (دبیری و همکاران ۲۰۱۳)، بهره‌برداری بهینه از بارش و کاهش آب‌دهی (دبی) اوج سیلاب (هاشمی ۲۰۱۳)

کاهش سریع مواد معلق دانه‌درشت آبراه (ران و همکاران ۲۰۰۸)، کاهش آب‌دهی جریان (اسکندری و همکاران ۲۰۱۳؛ شیلدز ۲۰۰۸)، افزایش زمان تمرکز (عباسی و همکاران ۲۰۱۰) تثبیت بستر و مهار فرسایش در آبراه (شنگ و لیاو ۱۹۹۷) و پایدارسازی حرکات توده‌یی (معمدوزیری و همکاران ۲۰۱۲) می‌شود. بعضی مطالعات تأثیر منفی اقدام‌های آبخیزداری از جمله افزایش فرسایش دیواره‌یی در بالادست سدها به‌دلیل اجرانشدن طرح‌های زیستی (بوکس فابوس و همکاران ۲۰۰۸) و افزایش گل‌آلودگی به‌دلیل اقدام‌های نادرست کاربرد سازه‌ها (غلامی ۲۰۱۲) را نشان می‌دهد.

تا میزان تأثیر اقدام‌های آبخیزداری در قبل و بعد از آن در منطقه ارزیابی شود.

### مواد و روش‌ها

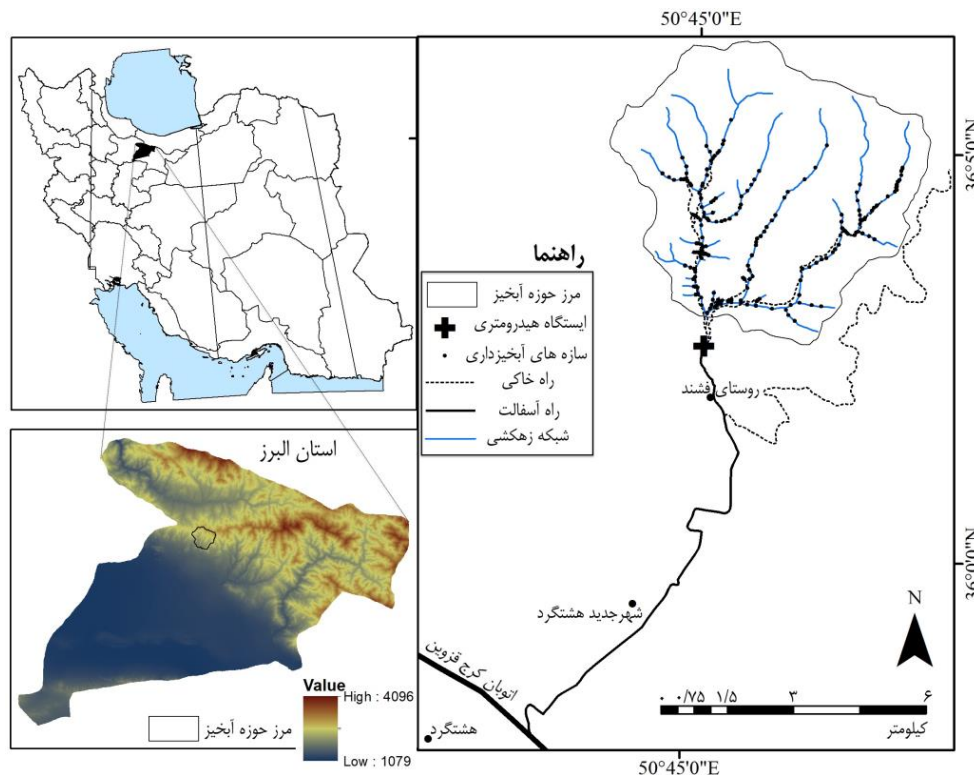
#### معرفی منطقه‌ی بررسی شده

حوزه‌ی آبخیز فشنند در شمال و شمال‌شرق شهرستان ساوجبلاغ واقع در استان البرز، در شمال شهر جدید هشتگرد و در منطقه‌ی زمین‌شناسی البرز مرکزی است. براساس تقسیم‌بندی جاماب کشور در حوزه‌ی آبخیز دریاچه‌ی نمک و در ارتفاعات جنوبی رشته‌کوه‌های البرز قرار دارد و مختصات جغرافیایی آن در محدوده‌ی  $50^{\circ} 43' 43''$  تا  $50^{\circ} 39' 39''$  عرض شمالی و  $36^{\circ} 06' 23''$  تا  $36^{\circ} 02' 38''$  طول شرقی است. این حوزه‌ی آبخیز در بخش جنوبی حوزه‌ی آبخیز طالقان است و مساحت آن ۳۲۴۷ هکتار است. میزان بارندگی در این حوزه‌ی آبخیز تغییرات زیادی دارد و متوسط بارندگی سالانه‌ی آن ۳۸۰ میلی‌متر است. تنها بخشی از جنوب این حوزه‌ی آبخیز مناطق تپه‌ماهوری و دشت‌سر است. رود فشنند در نهایت به رود اصلی شور (ابه‌رود) می‌ریزد. این حوزه‌ی آبخیز جزو حوزه‌های آبخیز نیمه‌خشک است (شکل ۱).

برای برنامه‌ریزی‌های آینده در زمینه‌ی طرح‌های اجرایی، مدیریت منابع طبیعی و حفاظت آب و خاک، و با توجه به سابقه‌ی طولانی اجرای طرح‌های آبخیزداری در کشور، ارزیابی این اقدام‌ها از جنبه‌های مختلف کیفی، کمی و اقتصادی برای تدوین راه‌کارهای اصولی ضروری به‌نظر می‌رسد.

برای ارزیابی کمی اقدام‌های آبخیزداری تا به حال از روش‌های مختلفی از جمله منحنی جرم مضاعف، میانگین متحرک، تداوم جریان و وضعیت آب‌شناختی (صادقی و همکاران ۲۰۰۴، ایلدرمی و دشتی مروی، ۲۰۱۴)، روش‌های تجربی مانند پسیاک اصلاح‌شده (دبیری و همکاران ۲۰۱۳)، مدل‌های آب‌شناسی (عباسی و همکاران ۲۰۱۰؛ آذری و همکاران ۲۰۱۱)، مدل ارزیابی آب و خاک<sup>۱</sup> (ابوایدلا و همکاران ۲۰۱۴) و تحلیل آب‌شناسی و روندیابی سیل (یوشیکاوا و همکاران ۲۰۱۰) استفاده شده است.

با توجه به حجم زیاد اقدام‌های آبخیزداری در حوزه‌ی آبخیز فشنند، و اهمیت بررسی و تجزیه و تحلیل اثرها و اثربخشی اقدام‌ها، ارزیابی در ابعاد مختلف، ضروری است. از این‌رو در این تحقیق سعی شده است با استفاده از روش‌های مختلف کمی، تغییرات آب‌دهی جریان و مواد معلق خروجی قبل و بعد از اقدام‌های آبخیزداری با هم مقایسه شود



شکل ۱- نقشه‌ی موقعیت منطقه و راه‌های دسترسی به آن.

تزریق و کاهش زیان‌ها در زیرحوزه‌های آبخیز تغذیه‌کننده عملیات اجرایی انجام شده است که بیشتر به صورت سازه‌های آبخیزداری در آب‌راه‌های کل حوزه آبخیز، و عملیات اصلاح مرتع بیشتر بر دامنه‌های انتهایی حوزه آبخیز بود (جدول ۱).

بررسی عملیات اجرایی انجام‌شده‌ی حوزه‌ی آبخیز فشند از واحدهای سنگی حساسی مثل زاگون و کهار تشکیل شده است، و تولید مواد معلق زیادی داشته است، پس از مطالعات پایه، از سال ۱۳۷۵ با هدف تأخیر در بروز سیل، افزایش زمان تمرکز، تخلیه‌ی تدریجی روان‌آب،

جدول ۱- حجم عملیات اجرایی در حوزه آبخیز فشند.

ردیف	عنوان	حجم عملیات	واحد	سال انجام
۱	خشکه چین	۵۹۳۹	مترمکعب	
۲	بند تورسنگی	۱۱۹۹۲	مترمکعب	
۳	بند سنگ و ملاتی و بتنی	۴۷۷۸	مترمکعب	
۴	خاک‌برداری	۵۴۸۹	مترمکعب	
۵	سکوبندی	۳۰۰۰۰	متر طول	
۶	بذرپاشی	۱۰۰۰	هکتار	۱۳۷۷-۱۳۷۵
۷	کپه‌کاری	۱۵۰۰	هکتار	
۸	جوی‌وپشته	۵۰۰۰	متر طول	
۱۰	حفاظت و فرق	۲۳۵۰	هکتار	
۱۱	کودپاشی	۲۰۰	هکتار	

منبع: اداره‌ی منابع طبیعی شهرستان ساوجبلاغ.

حوزه‌ی آبخیز جمع‌آوری شد. سپس مقادیر تجمعی بارندگی در مقابل مقادیر آب‌دهی خروجی حوزه‌ی آبخیز به محور مختصات منتقل شد و خط بهینه بر هر یک از قسمت‌های قبل از اجرای عملیات (سال‌های ۱۳۵۶-۱۳۷۵) و بعد از اجرای عملیات (سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۷۵) برازش یافت.

#### ج) تحلیل بر اساس بار معلق

برای برآورد بار معلق در دوره‌های قبل و بعد از عملیات اجرایی از تلفیق منحنی‌های سنجه‌ی مواد معلق و تداوم جریان استفاده شد. منحنی سنجه‌ی مواد معلق با روش‌های مختلفی ترسیم می‌شود؛ ولی در انتها مدلی که بیشترین ضریب همبستگی و ضریب تبیین و کمترین مقدار خطای انحراف معیار را دارد برای مدل مناسب انتخاب می‌شود (فیض‌نیا ۲۰۱۳). براساس داده‌های آب‌دهی جریان و مواد معلق‌دهی، مدل‌های منحنی سنجه‌ی مواد معلق خطی، لگاریتمی و توانی در محورهای مختصات عادی و لگاریتمی رسم شد و بهترین مدل منحنی سنجه‌ی مواد معلق براساس ضریب تبیین انتخاب شد. در مرحله‌ی بعد منحنی تداوم جریان رود بر اساس آمار آب‌دهی روزانه در قبل و بعد از اقدام‌های آبخیزداری تهیه شد، این منحنی فراوانی درازمدت آب‌دهی جریان یا گذر حجمی متوسط روزانه به‌ازای احتمال وقوع‌های مختلف است. برای این منظور آب‌دهی‌های خروجی را به ترتیب نزولی مرتب و به‌ترتیب شماره‌گذاری کردیم. احتمال هر آب‌دهی از نسبت شماره‌ی آب‌دهی برگزیده به مجموع تعداد آب‌دهی‌ها محاسبه

در این مطالعه برای ارزیابی اثرهای اقدام‌های انجام‌شده در منطقه از تحلیل اثرهای کیفیت آب، منحنی جرم مضاعف و مواد معلق معلق استفاده شد.

**الف) بررسی یون‌های سدیم و کلسیم خروجی از حوزه آبخیز**  
کیفیت آب بر نفوذپذیری خاک تأثیرگذار است. افزایش بیش‌ازاندازه‌ی یون سدیم موجب نامطلوب‌شدن خصوصیات فیزیکی خاک می‌شود و با پراکندگی خاک‌دانه‌ها ساختمان خاک از بین می‌رود و نفوذپذیری کاهش می‌یابد؛ بنابراین نفوذپذیری خاک در اثر نبود املاح کلسیم در آب و یا زیادی املاح سدیم محلول کاهش می‌یابد (مهدوی ۲۰۱۲). با استفاده از آمار سدیم و کلسیم اندازه‌گیری‌شده به‌وسیله‌ی ایستگاه آب‌سنجی خروجی حوزه آبخیز روند این یون‌ها در قبل و بعد از اقدام‌های آبخیزداری مقایسه شد.

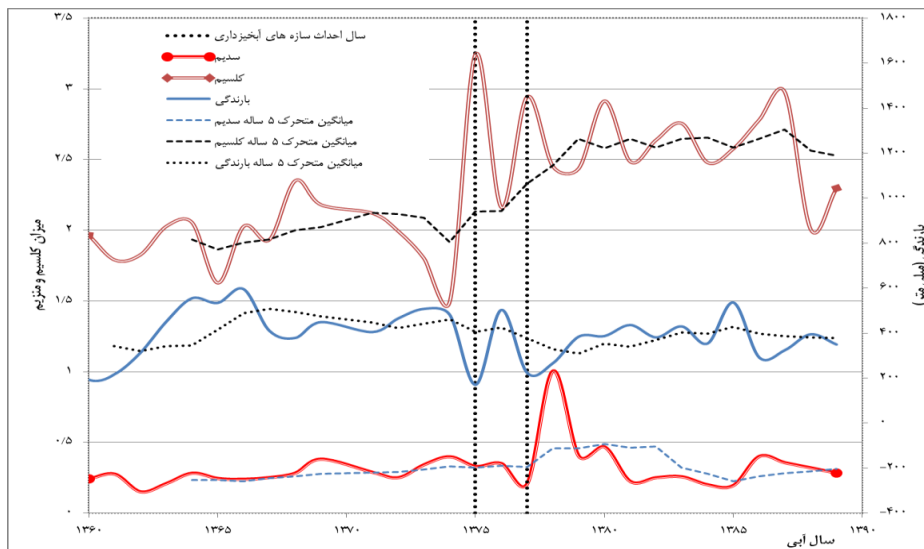
#### ب) تحلیل منحنی جرم مضاعف

منحنی جرم مضاعف، میزان نسبت بارندگی تجمعی به روان‌آب تجمعی را نشان می‌دهد و شیب این منحنی نشان‌دهنده‌ی این است که چه میزان از بارندگی به‌صورت روان‌آب از حوزه‌ی آبخیز خارج می‌شود. از این منحنی می‌توان در صورت ثبات نسبی سایر عوامل ورودی به سامانه‌ی آبخیز در تشخیص کمی، و زمان اثر تغییرات به‌وجودآمده بر حوزه‌ی آبخیز در اثر انجام اقدام‌های آبخیزداری بهره برد (داس ۲۰۰۰؛ صادقی و همکاران ۲۰۰۴). برای استفاده از این روش، آمار بارندگی از ایستگاه هواشناسی و آب‌دهی روزانه از ایستگاه آب‌سنجی خروجی

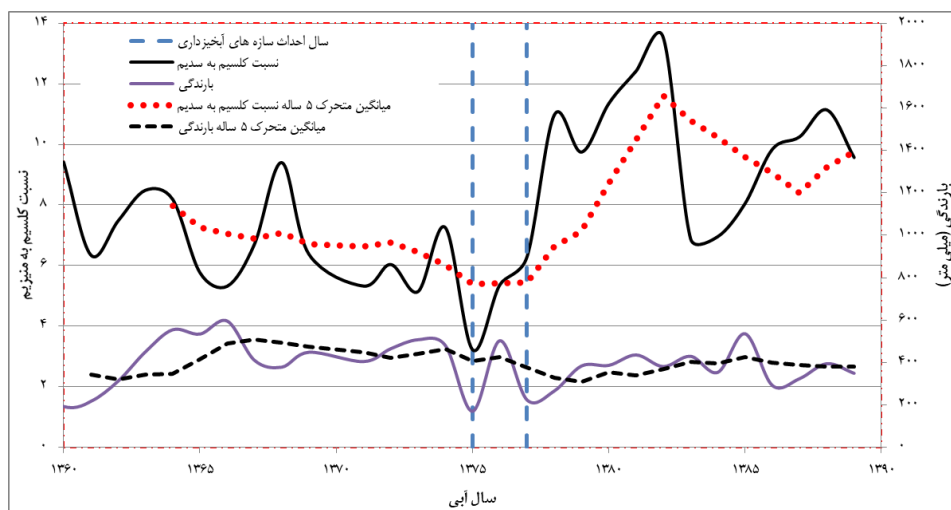
### نتایج

شکل ۲ افزایش میزان یون کلسیم را بعد از احداث سازه‌های آبخیزداری و شکل ۳ نسبت کلسیم به سدیم به سدیوم را از سال ۱۳۶۰ تا ۱۳۸۹ نشان می‌دهد. میزان کلسیم با اجرای اقدام‌ها افزایش محسوسی نشان می‌دهد و میزان سدیم نیز بعد از چندین سال شروع به کاهش داشته است.

شد. برای برآورد مواد معلق‌دهی معلق، محور احتمال منحنی تداوم جریان به ده دسته تقسیم و آبدهی میانگین هر دسته در قبل و بعد از عملیات اجرایی مشخص شد. سپس مواد معلق‌دهی هر یک از آبدهی‌ها از منحنی سنج‌دهی مواد معلق استخراج و از حاصل ضرب مواد معلق و احتمال متناظر مربوط که ۰/۱ است، سهم مواد معلق‌دهی هر دسته محاسبه شد، و از جمع تمام دسته‌ها مواد معلق‌دهی متوسط روزانه و سالانه قبل و بعد از عملیات اجرایی به دست آمد.



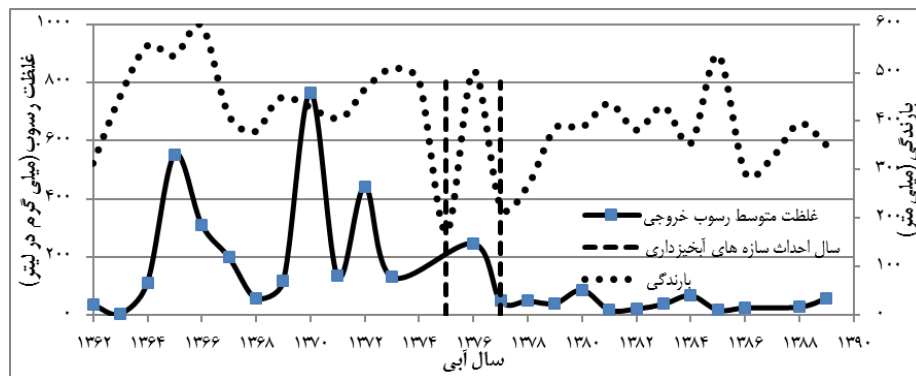
شکل ۲- میزان کلسیم و سدیم ایستگاه آبخیزداری خروجی حوزه آبخیز.



شکل ۳- نسبت کلسیم به سدیم ایستگاه آبخیزداری خروجی حوزه آبخیز.

عملیات آبخیزداری علاوه بر کاهش نوسان‌ها، مقدار غلظت مواد معلق به مقدار زیادی کاهش یافته است. از آن‌جا که میزان بارندگی در طول دوره آماری تغییر زیادی نکرده است می‌توان آن‌را ناشی از انجام عملیات آبخیزداری در منطقه دانست (شکل ۴).

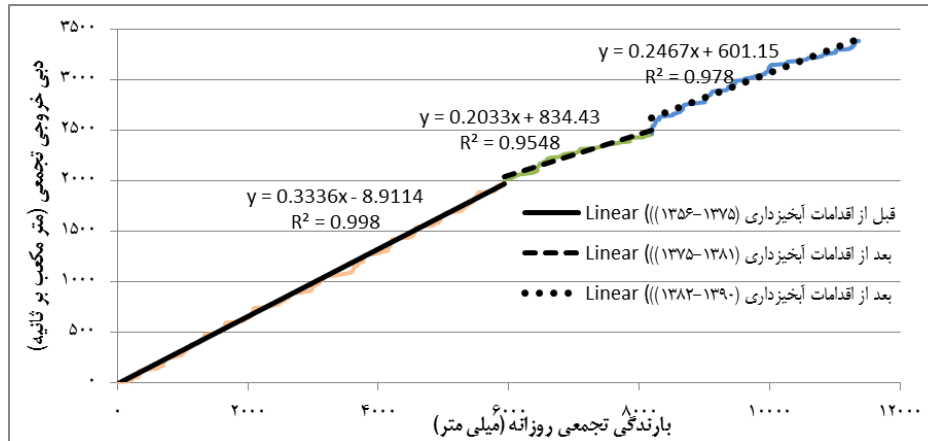
با بررسی غلظت مواد معلق خروجی از حوزه آبخیز در دوره آماری ۱۳۶۲ تا ۱۳۸۹ مشخص می‌شود که غلظت مواد معلق قبل از اقدام‌های آبخیزداری نوسان‌های زیادی داشته است، به طوری که در بعضی سال‌ها تا حدود ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر رسیده است. با انجام



شکل ۴- غلظت رسوب خروجی از حوزه آبخیز قبل و بعد از اقدام‌های آبخیزداری.

در این دوره انجام اقدام‌های آبخیزداری است، با توجه به زمان انجام اقدام‌های آبخیزداری نقطه‌ی اول را می‌توان ناشی از این اقدام‌ها دانست (شکل ۵).

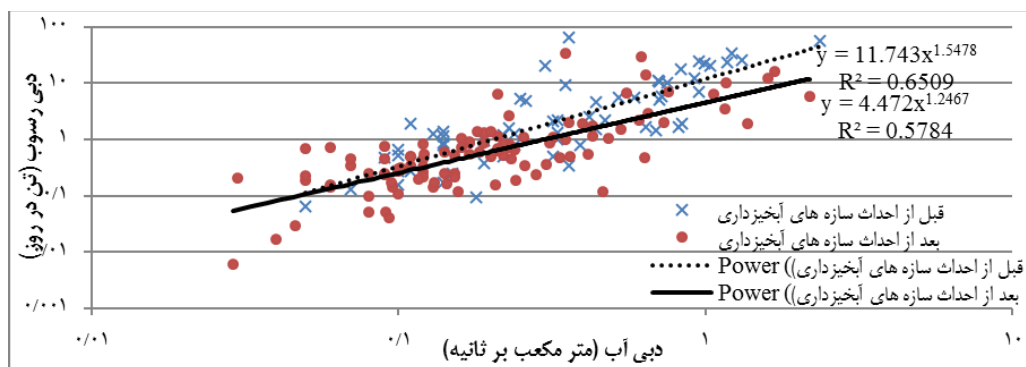
منحنی جرم مضاعف بارندگی-روان‌آب در دوره آماری ۱۳۵۶ تا ۱۳۹۰ تضاریس زیادی دارد اما در دو نقطه از این منحنی شکستگی‌ها، به‌طور واضح مشاهده می‌شود و از آن‌جا که مهمترین تغییر در منطقه



شکل ۵- منحنی جرم مضاعف بارندگی-روان‌آب قبل و بعد از اقدام‌های آبخیزداری.

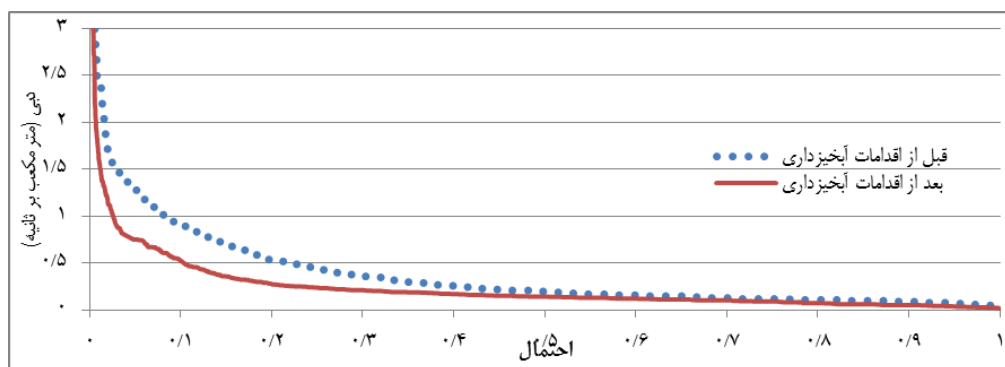
از اقدام‌های آبخیزداری اختلاف چندانی نداشته است، ولی با افزایش آب‌دهی، میان‌رسوب دهی در قبل از اقدام‌های آبخیزداری بیشتر است؛ به عبارتی با یک آب‌دهی ثابت میزان مواد معلق خروجی با انجام اقدام‌های آبخیزداری کاهش یافته است.

ضریب تبیین منحنی سنج‌های مواد معلق با مدل خطی بر محورهای مختصات لگاریتمی بهتر از مدل‌های دیگر در این پژوهش بود. شکل ۶ این منحنی را قبل و بعد از احداث سازه‌های آبخیزداری نشان می‌دهد. در آب‌دهی‌های کم، مقدار مواد معلق خروجی در قبل و بعد

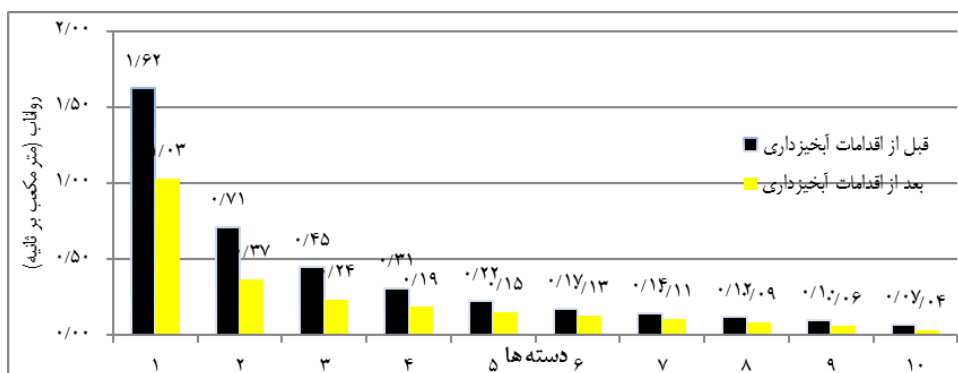


شکل ۶- منحنی سنجی رسوب با مدل خطی در محور مختصات لگاریتمی.

شکل ۷ منحنی تداوم جریان و شکل ۸ آبدهی میانگین هر یک از دسته‌ها را قبل و بعد از اقدام‌های آبخیزداری نشان می‌دهد.



شکل ۷- منحنی تداوم جریان قبل و بعد از اقدام‌های آبخیزداری.



شکل ۸- میانگین آبدهی هر یک از دسته‌ها در منحنی تداوم جریان.

جدول ۲ میزان مواد معلق دهی روزانه و سالانه‌ی معلق قبل و بعد از احداث سازه‌های آبخیزداری را با استفاده از مدل لگاریتمی نشان می‌دهد.

### بحث و نتیجه‌گیری

با بررسی میزان کلسیم و سدیم در طول دوره‌ی آماری مشخص شد که میزان کلسیم موجود در آب بعد از اقدام‌های آبخیزداری افزایش

جدول ۲- میزان رسوب‌دهی معلق قبل و بعد از احداث سازه‌های آبخیزداری.

دسته	آب‌دهی	لگاریتم رسوب دهی	رسوب دهی	رسوب‌دهی *احتمال	مواد معلق روزانه (تن)	مواد معلق سالانه (تن)
قبل از عملیات آبخیزداری	۱/۶۲	۰/۴۸	۳/۳۲	۲۴/۸۱	۲/۴۸	۱۴۷۹/۸۶
	۰/۷۱	-۰/۳۴	۱/۹۴	۶/۹۴	۰/۶۹	
	۰/۴۵	-۰/۸۰	۱/۲۲	۳/۳۸	۰/۳۴	
	۰/۳۱	-۱/۱۷	۰/۶۵	۱/۹۱	۰/۱۹	
	۰/۲۲	-۱/۵۰	۰/۱۴	۱/۱۵	۰/۱۲	
	۰/۱۷	-۱/۷۵	-۰/۲۴	۰/۷۹	۰/۰۸	
	۰/۱۴	-۱/۹۳	-۰/۵۳	۰/۵۹	۰/۰۶	
	۰/۱۲	-۲/۱۳	-۰/۸۴	۰/۴۳	۰/۰۴	
	۰/۱۰	-۲/۲۹	-۱/۰۸	۰/۳۴	۰/۰۳	
	۰/۰۷	-۲/۶۴	-۱/۶۲	۰/۲۰	۰/۰۲	
بعد از عملیات آبخیزداری	۱/۰۳	۰/۰۳	۱/۵۳	۴/۶۴	۰/۴۶	۳۱۷/۳۰
	۰/۳۷	-۰/۹۹	۰/۲۶	۱/۳۰	۰/۱۳	
	۰/۲۴	-۱/۴۴	-۰/۳۰	۰/۷۴	۰/۰۷	
	۰/۱۹	-۱/۶۷	-۰/۵۹	۰/۵۵	۰/۰۶	
	۰/۱۵	-۱/۸۸	-۰/۸۵	۰/۴۳	۰/۰۴	
	۰/۱۳	-۲/۰۴	-۱/۰۵	۰/۳۵	۰/۰۴	
	۰/۱۱	-۲/۲۲	-۱/۲۸	۰/۲۸	۰/۰۳	
	۰/۰۹	-۲/۴۶	-۱/۵۷	۰/۲۱	۰/۰۲	
	۰/۰۶	-۲/۸۴	-۲/۰۵	۰/۱۳	۰/۰۱	
	۰/۰۴	-۳/۳۴	-۲/۶۷	۰/۰۷	۰/۰۱	
نسبت مواد معلق بار معلق سالانه قبل از احداث به بعد از احداث عملیات آبخیزداری						
۴/۶۶						

منطقه شده است، که نشان‌دهنده‌ی نقش مثبت اقدام‌های آبخیزداری در منطقه بوده است. علاوه بر نقش اقدام‌های آبخیزداری در تولید مواد معلق خروجی از حوزه‌ی آبخیز، نوع و شدت بارش نقش مهم و تعیین‌کننده‌ی در مواد معلق خروجی دارد. برای مثال در ۱۳۶۸ قبل از اقدام‌های آبخیزداری و ۱۳۸۴ بعد از اقدام‌های آبخیزداری، میزان بارندگی و غلظت مواد معلق نسبتاً یکسان بود که آن‌را می‌توان به نوع بارندگی منطقه در این دو سال نسبت داد، به‌طوری‌که در ۱۳۶۸ بارندگی از مهر تا بهمن به‌طور یکنواخت در حال افزایش بود، ولی در ۱۳۸۴ در مهر بارانی نبارید و بارندگی در آبان به حدود ۴۰ میلی‌متر، در آذر دوباره به ۱۰ میلی‌متر کاهش یافت، و در دو ماه دی و بهمن به یک‌باره به ۱۰۰ میلی‌متر افزایش یافت. بررسی‌های منحنی جرم مضاعف بارندگی-روان‌آب در قبل و بعد از اقدام‌های آبخیزداری نشان می‌دهد که با انجام اقدام‌های آبخیزداری

یافته و میزان سدیم نسبتاً ثابت بوده است. با بررسی نسبت کلسیم به سدیم در طول دوره‌ی آماری مشخص می‌شود که این نسبت با شیب ملایمی رو به کاهش بوده است، ولی با انجام اقدام‌های آبخیزداری تا سال ۱۳۸۲ روند آن صعودی با شیب نسبتاً تند بوده، و از سال ۱۳۸۲ به بعد دوباره کم شده است. این که میزان کلسیم خاک با میزان نفوذپذیری رابطه‌ی مستقیم دارد نشان‌دهنده‌ی تأثیر مثبت اقدام‌های آبخیزداری است.

با بررسی میانگین غلظت مواد معلق سالانه در طول دوره‌ی آماری مشخص شد که از سال ۱۳۶۲ تا قبل از عملیات آبخیزداری، غلظت مواد معلق نوسان‌های زیادی داشت و با انجام عملیات آبخیزداری غلظت مواد معلق به مقدار زیادی کم شد. کاهش نوسان‌های غلظت مواد معلق و غلظت مواد معلق جلوی هدررفت خاک را گرفته و باعث کاهش خسارت‌های سیل‌های بزرگ به باغ‌ها و زمین‌های پایین‌دست



و سنگی نیز مؤید این مطلب است که سازه‌های آبخیزداری نقش خود را به خوبی در منطقه در سال‌های ابتدایی ایفا نموده و میزان روان‌آب و بار معلق خروجی از حوزه‌ی آبخیز را بسیار کاهش داده‌اند. از طرف دیگر، با توجه به این‌که هدف اصلی احداث سازه‌های آبخیزداری در منطقه مهار کردن سیلاب بود، پرشدن اکثر این سازه‌ها، باعث کاهش شیب زمین و کاهش سرعت آب شده، ولی بی‌شک نقش اصلی خود را تا حد زیادی از دست داده‌اند.

در آخر به اداره‌ی منابع طبیعی پیشنهاد می‌شود از آن‌جاکه میزان مواد معلق خروجی از حوزه‌ی آبخیز بعد از سال ۱۳۸۲ دوباره در حال افزایش است، و بیشتر سازه‌های منطقه از مواد معلق پر شده‌اند. سازه‌های آبخیزداری در محل‌هایی که ممکن است ساخته شود. توسعه‌ی گونه‌های مقاوم به آب‌زیاد مانند بید که در منطقه به خوبی مقاومت کرده است می‌تواند نقش مهمی را در مهار کردن سیلاب و به دام انداختن مواد معلق منطقه ایفا کند. در دامنه‌ها نیز کشت گیاهان علفی و چندساله روی خطوط تراز با استفاده از سکو و یا روش‌های دیگر می‌تواند جلوی فرسایش را از مبدأ بگیرد و میزان ورود آب و مواد معلق به رودخانه‌ی اصلی را کاهش دهد.

شیب خط از ۰/۳۳۳۶ به ۰/۲۰۳۳ کم شد، ولی از ۱۳۸۲ به بعد شیب خط مقداری افزایش پیدا کرده است و از ۰/۲۰۳۳ به ۰/۲۴۶۷ رسیده است. کاهش ۶۰٪ شیب منحنی جرم مضاعف بیانگر تأثیر مثبت اقدام‌های آبخیزداری در کاهش روان‌آب خروجی، و به عبارتی افزایش نفوذپذیری است.

بررسی‌های منحنی سنج‌های مواد معلق و تداوم جریان بار معلق قبل و بعد از اقدام‌های آبخیزداری نشان‌دهنده‌ی کاهش شدید بار معلق در بعد از اقدام‌های آبخیزداری بوده است. میزان بار معلق در قبل از اقدام‌های آبخیزداری ۱۴۸۰ تن در سال بود، و بعد از عملیات آبخیزداری به ۳۱۷ تن در سال رسید، یعنی ۴/۶۶ برابر کاهش یافت. علت اصلی کاهش شدید بار معلق را می‌توان به دام‌افتادن مواد معلق در پشت سازه‌های آبخیزداری، استقرار و ازدیاد پوشش گیاهی، کاهش شیب زمین، کاهش سرعت آب و بهبود شرایط خاک از نظر نفوذپذیری دانست.

در مجموع میزان روان‌آب، غلظت مواد معلق و بار معلق در خروجی حوزه‌ی آبخیز بعد از اقدام‌های آبخیزداری به مقدار زیادی کاهش یافته است. پرشدن اکثر سازه‌های آبخیزداری سنگی ملاتی، تورسنگی

## منابع

- Abbasi M, Saravi Mohseni M, Kheir khah MM, Khalighi Sigaroodi Sh, Hosseini M, Mohammad Zade Khani E. 2010. Effect of watershed management measures to reduce flooding with the help of the mathematical model HEC-HMS. (Case study: Kan watershed). Sixth National Conference on Science and Engineering Fourth National Conference on Watershed Management and Erosion and sedimentation, Noor. (In Persian).
- Abouabdillah A, White M, Arnold JG, De Girolamo AM, Oueslati O, Maataoui A, Lo Porto A. 2014. Evaluation of soil and water conservation measures in a semi-arid river basin in Tunisia using SWAT. Soil Use and Management. doi: 10.1111/sum.12146.
- Azari M, Sadeghi SHR, Telvari AR. 2011. Evaluation of the effectiveness of watershed measures on flood characteristics using the integrated models of HEC-HMS and HEC-RAS in GIS environment. Case study: Jagharq Watershed. Watershed Management Science and Engineering. 5(15): 69–72.
- Boix-fayos C, Barbera GG, Lopez-Bermudez F, Castillo VM. 2008. Effects of check dams, reforestation and land-use changes on river channel morphology: Case study of the Rogativa catchment (Spain). Geomorphology. 91(1–2): 103–123.
- Dabiri SS, Sofi M, Taleb Beydokhti M. 2013. Evaluate function of corrective Watershed dams to inhibit the deposition (Case study: watershed districts Iqlid, Mamasani and Marvdasht in the Fars Province). Water Resources Engineering. 6(18): 1–22. (In Persian).
- Das G. 2000. Hydrology and soil conservation engineering, Prentice-Hall of India private Limited Pub, 489 p.
- Eskandari M, Daštórani MT, Fatahi A, Nasri M. 2013. Evaluation of watershed measures performed on the flow regime Zayanderud Watershed, Case study of Mondarejan Catchment. Third National Conference on Integrated Water Resources Management. Sari Agricultural and Natural Resources Sciences University. (In persian).
- Feiznia S. 2013. Sedimentology applications with emphasis on soil erosion and sediment yield. Gorgan University press.
- Hashemi SAA. 2013. Effect of rock check dams on flood reducing in arid and semi-arid Regions (Case study: Darjazin Watershed in The Semnan Province). Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science. 17(66): 159–171. (In persian).
- Ildermi AR, Dashti Marvili M. 2014. Quantitative analysis of watershed measures in the watershed of the Ekbatan dam. Watershed Management Science and Engineerin. 7(23): 63–66. (In Persian).
- Kerr J, Chung K. 2002. Evaluating watershed management

- projects, Water Policy. 3 (6): 537–554.
- Mahdavi M. 2012. Applied Hydrology (Vol. II), University of Tehran Press, 427 p. (In Persian).
- Motamed Vazori B, Mirzayi MA, Sharifi F, Mohebi A. 2012. Effects of watershed projects in the changes of vegetation and stabilization of mass movement. GIS and RS application planning. 2 (3): 45–53.
- Ran DC, Luo QH, Zhou ZH, Wang GQ, Zhang XH. 2008. Sediment retention by check dams in the Hekouzhen-Longmen Section of the Yellow River. Sediment Research. 23(2):159–166.
- Sadeghi SHR, Sharifi F, Foorootan A, Rezaei M. 2004. Quantitative evaluation of watershed management practices (Case study: Sub watersheds Keshar). Journal of Research and Development. 17(4): 96-104. (In Persian).
- Sheng J, Liao A. 1998. Erosion control in south China. Catena. 29(2): 211–221.
- Shields FD. 2008. Effects of a regional channel stabilization project on suspended sediment yield. Journal of Soil and Water Conservation. 63(2): 59–69.
- Yazdi J, Salehi Neyshabouri SAA, Niksokhan MH, Sheshangosht S, Elmi M. 2013. Optimal prioritisation of watershed management measures for flood risk mitigation on a watershed scale. Flood Risk Management. (6) (4): 372–384.
- Yoshikawaa N, Nagaob N, Misawac S. 2010 Evaluation of the flood mitigation effect of a Paddy Field Dam project. Agricultural Water Management. 97 (2): 259 –270.

