مطالعه تأثیر رسوب زدایی سد سپیدرود بر شبکه آبیاری سپیدرود

محمدرضا یزدانی* و سیدفرهاد موسوی **

چکیده

آب مورد نیاز اراضی شالیکاری استان گیلان توسط یک شبکه وسیع آبیاری شامل سد مخزنی سپیدرود، سد انحرافی تاریک، شبکه فومنات، سدانحرافی سنگر و کانال‌های سمت چپ و راست سد سنگر تأمین می‌شود. به دلیل جمع شدن رسوبات در مخزن سد سپیدرود، حجم آن به شدت کاهش یافته است. برای حل این مسئله، عملیات رسوب زدایی در نیمه دوم هر سال، در مخزن آن انجام می‌شود. رسوبات حاصل از فرسایش در حوزه سد سپیدرود که باسیلابهای بهاره وارد مخزن سد شده و بخشی از آنها خارج می‌شوند و همچنین رسوبات ته‌نشین شده در رودخانه در اثر عملیات رسوب زدایی، شبکه آبیاری را مورد تهدید قرار می‌دهد. در این تحقیق با هدف بررسی چگونگی تأثیر رسوب در شبکه آبیاری سپیدرود، اطلاعات ایستگاه رسوب سنجی سدسپیدرود تجزیه و تحلیل شده و از سدهای انحرافی تاریک و سنگر، ابتدا و انتهای حوضچه‌های رسوبگیر سد سنگر، مسیرکانال‌های BP_4 و SP_3 تا کانال‌های مزرعه و زهکشهای آنها نمونه‌برداری رسوب توسط نمونه‌بردار دستی انجام شد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که در دبی‌های کم رودخانه سپیدرود، رسوب در رودخانه و مخزن سد تاریک تجمع می‌یابد اما در دبی‌های زیاد فرسایش‌پذیر می‌باشد. متوسط بازده حوضچه‌های رسوبگیر سمت چپ و راست سد سنگر ۱۵/۳ و ۱۱/۲ درصد به‌دست آمد. زیر شبکه فومنات نیاز به تأسیسات رسوبگیری دارد. تأسیسات موجود در شبکه در معرض تهدید رسوب قرار داشته و کانال‌های درجه ۱ و ۲ وضع بهتری (از لحاظ رسوب) نسبت به کانال‌های درجه ۳ و ۴ دارند.

واژه‌های کلیدی - *سدسپیدرود، رسوبگذاری در شبکه آبیاری، حوضچه‌های رسوبگیر*

مقدمه

استان گیلان به عنوان یکی از قطبهای کشاورزی ایران با بیش از ۲۴۰ هزار هکتار اراضی شالیکاری از عمده‌ترین تأمین کنندگان برنج محسوب می‌گردد. تأمین آب این اراضی که عمدتاً در اراضی کم شیب دشت گیلان قرار دارند، توسط شبکه وسیع آبیاری انجام می‌گیرد. این شبکه از سد مخزنی سپیدرود شروع شده و به وسیله سدهای انحرافی تاریک و سنگر و از طریق کانال‌های مختلف، آب مورد نیاز را به مزارع می‌رساند. با توجه به آب و هوای نیمه‌خشک، عدم وجود پوشش گیاهی مناسب، نابودی جنگلها، تبدیل کاربری اراضی و چرای بی‌رویه دام فرسایش شدیدی در حوزه آبریز این سد اتفاق افتاده است. به دلیل عدم وجود تأسیسات کنترل رسوب و عدم مدیریت صحیح در سطح حوزه آبریز، مخزن سدسپید رود، شبکه‌های انتقال آب و مناطق کشاورزی تحت تأثیر رسوب ورودی قرار گرفته و ظرفیت موثر سد سپیدرود خیلی زودتر از زمان

* کارشناس ارشد مؤسسه تحقیقات برنج
** دانشیار گروه آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

پیش‌بینی شده کم شده است. در برخورد با این معضل، عملیات رسوب‌زدایی تحت عنوان "شاس" از سال ۱۳۵۹ در آن شروع شده و تاکنون نیز ادامه دارد. در نتیجه این عملیات، سالانه میلیونها تن رسوب از مخزن سد تخلیه شده و به پایین دست منتقل می‌شود.

توجه متخصصین به مسایل هیدرولیک رسوب در تأسیسات آبیاری نظیر مخازن سدها، بندهای انحرافی و کانال‌ها دارای سابقه‌ای بیش از یک قرن است. هر چه اطلاعات موجود درباره رسوب یک رودخانه بیشتر باشد می‌توان تأسیسات آبیاری منشعب از آن را با دقت بیشتری طراحی کرد. در یک شبکه آبیاری، در درجه اول باید مسئله رسوبگذاری و فرسایش در طول رودخانه مدنظر قرار گیرد زیرا در رودخانه‌ها رسوب در طول زیاد پراکنده شده و از تمرکز برخوردار نیست.

کندی (۱۲) ولیندلی (۱۴) بعد از تحقیقات تجربی در تعدادی از شبکه‌های آبیاری احداث شده در هندوستان، تئوری رژیم را ارائه دادند. در این ارتباط، سرعت جریان در حالت رژیم با عمق آب مربوط است. بلنچ (۱۰) در تکمیل معادلات لیسی، کندی و لیندلی دو فاکتور بستر و کناره را معرفی نمود. در مورد حداقل سرعت مجاز در کانال‌های غیرپوششی و پوشش‌دار تحقیقات زیادی انجام شده است (۷، ۸، ۱۱، ۱۳، ۱۷ و ۱۹). نواک و نالوری (۱۵) معادلات سرعت بحرانی و تنش بحرانی برای ذرات منفرد رسوب در کانال‌های پوشش‌دار را قابل مقایسه با کانال‌های بدون پوشش دانستند. براساس تئوری حد نهایی غلظت، با افزایش ضریب زبری، ظرفیت حمل مواد معلق کاهش می‌یابد (پاره‌کار به نقل از آرورا). پاره کار (۲) سرعت رسوبگذاری در تعدادی از کانال‌های آبیاری شبکه گتوند خوزستان را بررسی نموده و در مجموع روش حد نهایی غلظت با قطر D_{50} را جامع ترین و مناسب ترین روش بررسی شرایط غیر رسوبگذار در کانال های پوشش دار دانسته است. پل وساکوجا (۱۶) دریافته‌اند که بهترین مقطع با بازده بالا برای جلوگیری از ته نشین‌شدن رسوب، مقطع مستطیلی و ذوزنقه‌ای است. در شبکه‌های آبیاری به منظور کاهش بار رسوبی، به نحوی که باقیمانده رسوبات در جریان آب در کانال‌ها نشست نکند و مشکلات ناشی از رسوبگذاری در کانال‌ها به حداقل برسد، از حوضچه رسوبگیر استفاده می‌کنند (۳، ۵ و ۷). حدادی (۴) وضعیت رسوب در سد سپیدرود را بررسی کرده و کارآیی عملیات رسوب‌زدایی به روش شاس را مورد تأئید قرار داده است. جعفرزاده (۳) در مطالعات خود بازده ۸۲ درصد را برای بازده حوضچه‌های چپ و راست سد انحرافی سنگر به‌دست آورده است. او همچنین نتیجه گرفته که کانال‌های درجه ۱ و ۲ دارای قدرت حمل رسوب زیاد بوده ولی کانال‌های درجه ۳ عموماً رسوبگذار هستند. طلوعی (۱۸) نیز رسوب زدایی در سد سپیدرود را موفقیت‌آمیز توصیف کرده است.

مختصری در مورد شبکه آبیاری سپیدرود

رودخانه سپیدرود از تلاقی رودخانه‌های قزل‌اوزن و شاهرود در نزدیکی منجیل به وجود می‌آید. در این مکان سدسپید رود در سال ۱۳۴۲ با ظرفیت ۱/۸ میلیارد مترمکعب و تولید برق ۱۷/۵ مگاوات بهره‌برداری شد. خروجیهای این سد عبارتند از سه خروجی آبیاری در سمت راست سد، دو خروجی آبیاری در سمت چپ، دو دریچه اضطراری، دو سرریز سطحی به فرم لاله‌ای و پنج مجرای عبور جریان برای تولید برق.

رودخانه قزل اوزن با ۵۰۰ کیلومتر طول و سطح حوزه‌ای حدود ۵۶۰۰۰ کیلومتر مربع، از ارتفاعات کردستان، همدان و آذربایجان سرچشمه گرفته و در گیلوان وارد سد می‌شود. رودخانه شاهرود با ۱۸۰ کیلومتر طول و سطح حوزه حدود ۶۰۰۰ کیلومتر مربع از کوههای طالقان سرچشمه گرفته و در محل لوشان وارد دریاچه سد سپیدرود می‌شود. رژیم رودخانه قزل‌اوزن بارانی بوده و شدیداً تحت تأثیر بارندگیهای بهاره قرار دارد و معمولاً پس از اردیبهشت ماه دبی آن به شدت نزول می‌کند. قسمتهای مهم جریانهای رودخانه شاهرود از ذوب برف کوههای البرز تأمین شده و دارای تغییرات کمتری در طول یک سال و در طول چندین سال نسبت به رودخانه قزل‌اوزن می‌باشد. به طور کلی، سیلابهای عمده و در نتیجه رسوبات عمده ورودی به سد، از طریق قزل‌اوزن وارد می‌شود (جدول ۱ و شکل ۱).

جدول ۱ـ درصد آب و رسوب ورودی از رودخانه‌های قزل‌اوزن و شاهرود و رسوب خروجی از سد سپیدرود (۱)

رودخانه	رسوب ورودی	رسوب خروجی	رسوب ته‌نشین‌شده	آب ورودی
قزل‌اوزن	۸۲	۲۰	۶۲	۷۳
شاهرود	۱۸	۱۰	۸	۲۷
مجموع	۱۰۰	۳۰	۷۰	۱۰۰

به دلیل جمع شدن رسوبات در مخزن سد سپیدرود و کاهش حجم آن، از سال ۱۳۵۹ عملیات رسوب‌زدایی به روش "شاس" در آن آغاز شد. در این روش، با تخلیه مخزن در نیمه دوم هر سال و با استفاده از جریان آب از طریق دریچه‌های تحتانی، رسوبات ذخیره شده و همچنین رسوبات سیلابهای همان سال تخلیه می‌شوند. بخش اعظم آب و رسوب ورودی در دو ماه اول فصل بهار وارد مخزن سد می‌شود (شکلهای ۱ و ۲). در مواقع سیلابی شدید، حرکت جریان غلیظ[1] در خط القعر مخزن و مانور دریچه‌های تحتانی سد بر روی غلظت آب خروجی از سد تأثیر می‌گذارد. باز بودن دریچه‌ها دارای تأثیر مثبت در حفظ ظرفیت مخزن بوده ولی تأثیر منفی در بالابردن غلظت رسوب در رودخانه و به تبع آن در شبکه آبیاری دارد. بنابراین پیشنهاد می‌شود که در دو ماه اول فصل بهار (که شبکه آبیاری نیازی به آب ندارد) ورودیهای شبکه آبیاری گیلان بسته شوند تا از ورود رسوب به داخل آن ممانعت به عمل آید.

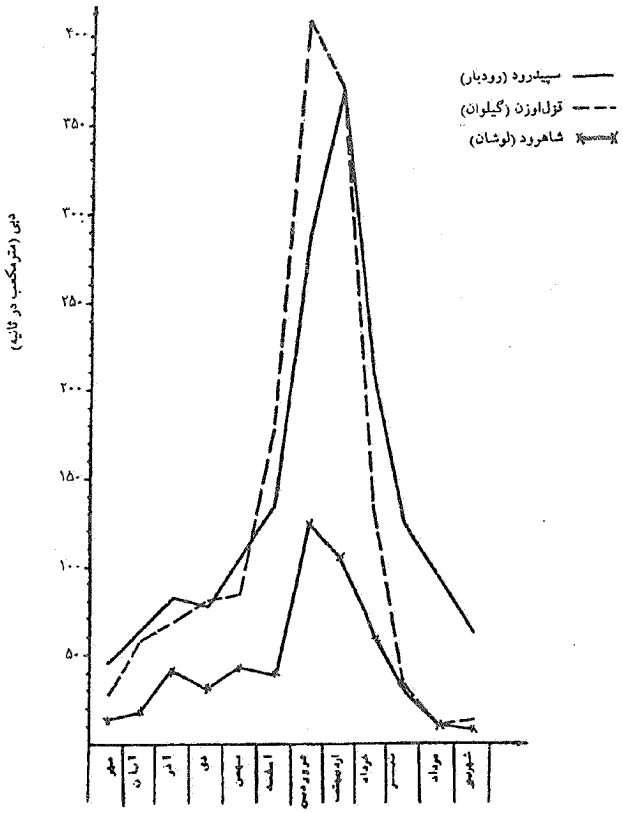
بعد از سد، رودخانه سپیدرود قراردارد که می‌توان آن را به بخشهای زیر تقسیم کرد: سد سپیدرود تا گنجه (شیب ۲/۴ در هزار و طول ۲۸ کیلومتر)، گنجه تا سد تاریک (شیب ۲/۹ در هزار و طول ۳۲ کیلومتر)، سد تاریک تا سدسنگر (شیب ۲/۷ در هزار و طول ۲۰ کیلومتر)، سدسنگر تا پل آستانه (شیب ۱/۹ در هزار)، پل آستانه تا بندر کیاشهر (شیب ۰/۴ در هزار) و حد فاصل بندرکیاشهر تا دریای خزر (شیب ۰/۴ در هزار). چنانچه قسمتهای فوق را در ارتباط با رسوب مورد توجه قرار دهیم می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: ۱) با افزایش فاصله از سد سپیدرود، رسوبات ریزدانه‌تر می‌شوند، ۲) با توجه به شکل ۳، رسوبات رودخانه‌های میانی در مقایسه با رسوب خروجی از سد سپیدرود اندک می‌باشد (این امر ناشی از بستر سنگی رودخانه‌ها و پوشش گیاهی خوب منطقه گیلان می‌باشد) و ۳) در دبی‌های پایین، رودخانه سپیدرود و مخزن سد تاریک نقش رسوبگیر را دارند اما با ازدیاد دبی خروجی از سد سپیدرود، که با ازدیاد غلظت رسوب نیز همراه است، رسوبات تجمع یافته در رودخانه و پشت سد تاریک فرسایش یافته و به سمت سد سنگر هجوم می‌آورند. در این مواقع، بستن دریچه‌های ورود آب به سدسنگر می‌تواند کمک شایانی به جلوگیری از ورود رسوب به حوضچه‌های رسوبگیر و کانال‌های آن کند.

سد انحرافی تاریک در ۴۰ کیلومتری پایاب سد سپیدرود احداث شده و مقدار ۳۵ مترمکعب در ثانیه آب را به تونل آب برفومن هدایت می‌کند. کانال فومن با طول ۷۰ کیلومتر آب را به کانال‌های بتنی درجه ۲ با مقطع ذوزنقه و از آنجا به کانال‌های درجه ۳ از نوع کانال‌های پایه‌دار با مقطع نیم دایره هدایت می‌کند.

پس از سد تاریک، با توجه به عریض شدن بستر رودخانه سپیدرود، امکان رسوبگذاری به طور بالقوه در مواقع غلیظ بودن جریان رودخانه وجود دارد. به همین دلیل، رودخانه حالت شاخه شاخه[2] پیدا کرده و جزیره‌های رسوبی (خصوصاً پس از عملیات "شاس") در آن پدید آمده است که با پایین آمدن غلظت رسوب در آب و یا ازدیاد دبی‌رودخانه قابلیت فرسایش زیادی دارند.

سد انحرافی سنگر در ۶۰ کیلومتری پایاب سد سپیدرود قرار دارد و آب را به کانال‌های سمت چپ و راست هدایت می‌کند. کانال سمت راست با طول ۱۵ کیلومتر و دبی ۶۷ مترمکعب در ثانیه زمینهای مناطق سیاهکل، لاهیجان و لنگرود را آبیاری

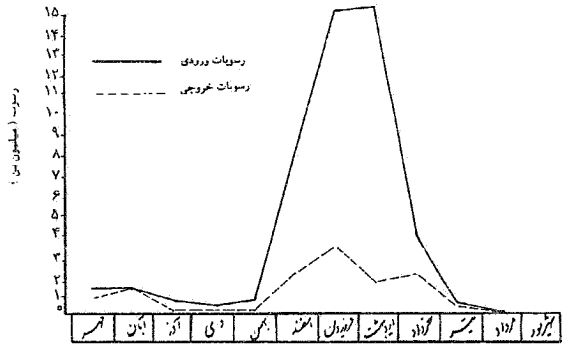
1- Density current 2- Braided



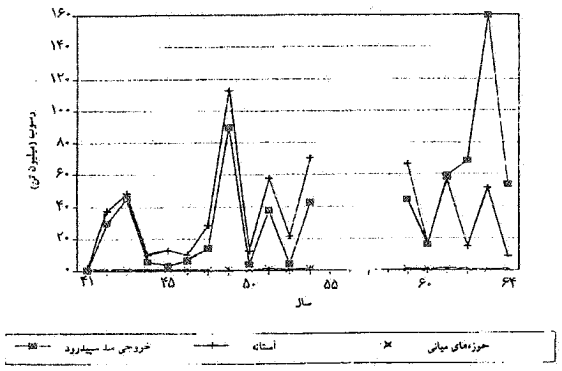
شکل ۱- تغییرات دبی ماهانه رودخانه‌های قزل اوزن، شاهرود و سپیدرود (۱)

می‌کند. کانال سمت چپ با ۲۵ کیلومتر طول، دبی ۱۱۴ مترمکعب در ثانیه را برای آبیاری قسمت غربی رودخانه سپیدرود شامل مناطق رشت و شرق فومنات هدایت می‌کند. حوضچه‌های رسوبگیر سد سنگر به شکل مستطیل و به ابعاد ۴۵۰×۷۸ متر (چپ) و ۳۸۵×۵۸ متر (راست) و ارتفاع ۴ متر برای ته‌نشین کردن مواد معلق آب ورودی احداث شده‌اند.

هدف از تحقیق حاضر عبارت است از تجزیه و تحلیل اطلاعات ایستگاه رسوب سنجی پایاب سد سپیدرود در رودبار، نمونه برداری رسوب از سدهای انحرافی تاریک و سنگر، ارزیابی رسوبگذاری در حوضچه‌های رسوبگیر سد سنگر، نمونه برداری از رسوبات کف کانال‌های BP_4 و SP_3 و تأسیسات مربوطه بعد از پایان فصل آبیاری و نمونه‌برداری از آب کانال‌ها در طی مسیر، از سد انحرافی تاریک تا سطح مزرعه و زهکشها.



شکل ۲- تغییرات ورودی و خروجی رسوب سد سپیدرود در ماههای مختلف سال، قبل از عملیات شاس (۴)



شکل ۳- مقایسه مواد معلق خروجی از سد، ایستگاه آستانه و حوزه‌های میانی رودخانه سپید رودخانه در قبل و بعد از عملیات شاس (۶)

مواد و روشها

اطلاعات دبی آب و رسوب ایستگاه رودبار، که در فاصله کمتر از یک کیلومتری پایاب سد سپیدرود قرار دارد، (از سال ۱۳۴۱ تا ۱۳۷۳) جمع‌آوری گردید. برای برآورد حجم رسوبات موجود در حوضچه‌های رسوبگیر سد سنگر و ترسیم توپوگرافی آنها، حوضچه‌ها در زمستان ۱۳۷۳ (پس از اتمام فصل آبیاری) نقشه‌برداری شدند. از رسوبات کف کانال‌های انتقال آب BP_4 و SP_3 و تأسیسات آنها نظیر تنظیم کننده‌ها، سیفون‌ها، تقسیم‌کننده‌ها و همچنین کانال‌های خاکی داخل مزارع درانتهای فصل آبیاری سال ۱۳۷۳ نمونه‌برداری شد.

به منظور مقایسه غلظت رسوب در سدهای تاریک و سنگر،

در فروردین و اردیبهشت ۱۳۷۴ به صورت روزانه از رودخانه (در محل آبگیری این سدها) به وسیله نمونه‌بردار دستی از نوع مداوم عمقی [1] نمونه‌برداری شد. برای مقایسه غلظتها در ابتدا و انتهای حوضچه‌های رسوبگیر سدسنگر و محاسبه بازده نگهداری رسوب در آنها، در پنج نقطه و در سه تکرار نمونه آب برداشته شد و دبی نیز اندازه‌گیری گردید. در بهار ۱۳۷۴، زمانی که جریان غلیظ از کانال‌ها عبور می‌کرد، از ابتدای سدهای انحرافی فوق در فواصل کوتاه تا نقاط انتهایی شبکه‌های آبیاری نمونه‌های آب برداشته شد و غلظت رسوب نمونه‌ها در آزمایشگاه تعیین گردید. در تعدادی از کانال‌های خاکی مزارع در دو حالت (باوجود علفهای هرز بلند و بدون وجود علفهای هرز) نمونه‌برداری آب صورت گرفت و غلظت رسوب تعیین شد.

نتایج و بحث

الف- حوضچه‌های رسوبگیر سدسنگر

نمونه‌برداری روزانه در طی دو ماه اول سال ۱۳۷۴ از ورودی و خروجی حوضچه‌های رسوبگیر سد سنگر نشان می‌دهد که در حوضچه سمت چپ سدسنگر، غلظت رسوب ورودی از ۰/۰۷ تا ۲۹/۶۱ گرم در لیتر و غلظت خروجی از ۰/۰۶ تا ۲۰/۴ گرم در لیتر متغیر است. نسبت حذف رسوب [2] (یا به عبارتی بازده حوضچه رسوبگیر) از رابطه زیر به‌دست می‌آید(۹):

$$R = \frac{q_{si} - q_{so}}{q_{si}} \qquad [1]$$

R = نسبت حذف رسوب از آب حاوی رسوب

q_{si} = دبی رسوب ورودی به حوضچه

q_{so} = دبی رسوب خروجی از حوضچه

براساس این رابطه، بازده حوضچه رسوبگیر سمت چپ سدسنگر از ۳۸/۲۶- تا ۴۳/۹۲ درصد متغیر بود. در این حوضچه، متوسط بازده دو ماهه فروردین و اردیبهشت ۱۳۷۴ برابر ۱۵/۳ درصد به‌دست آمد. منفی شدن بازده به معنی غلظت کم آب ورودی و غلظت زیاد آب خروجی از حوضچه (به دلیل فرسایش رسوب تجمع یافته در حوضچه) می‌باشد.

در حوضچه سمت راست سدسنگر، طیف غلظت رسوب ورودی از ۰/۰۷ تا ۲۹/۶۱ گرم در لیتر و غلظت خروجی از ۰/۰۹ تا ۲۸/۱ گرم در لیتر بوده است. بر اساس رابطه [۱]، بازده حوضچه سمت راست از ۷۴/۹۹- تا ۴۳/۴۸ درصد متغیر بوده است. در این حوضچه، متوسط بازده در دو ماهه اول سال ۱۳۷۴ برابر ۱۱/۲ درصد به‌دست آمد. این مقادیر با نتایج مطالعات جعفرزاده (۳) تطابقی ندارد.

شکلهای ۴ و ۵ توپوگرافی سطح رسوب حوضچه‌های رسوبگیر سمت چپ و راست سد سنگر را نشان می‌دهند. همان‌طور که در این شکلها دیده می‌شود، انباشته شدن رسوبات در اثر عدم لایروبی به موقع حوضچه‌ها سبب شده که آب ورودی از مسیر غیریکنواختی در طول حوضچه‌ها حرکت کند و عمل رسوبگیری به خوبی انجام نشود. علت پایین بودن بازده نیز همین تجمع رسوب می‌باشد و گرنه از لحاظ طراحی هیچ مشکلی وجود ندارد. در زمستان ۱۳۷۳ (دو سال پس از آخرین لایروبی) حدود ۶۲ درصد حجم حوضچه چپ و ۸۰ درصد حوضچه راست از رسوب پر شده است. بنابراین عمده رسوبات ورودی وارد شبکه‌ها خواهند شد و آنها را مورد تهدید قرار می‌دهند. لذا لازم است که لایروبی این حوضچه‌ها به طور مداوم انجام گیرد.

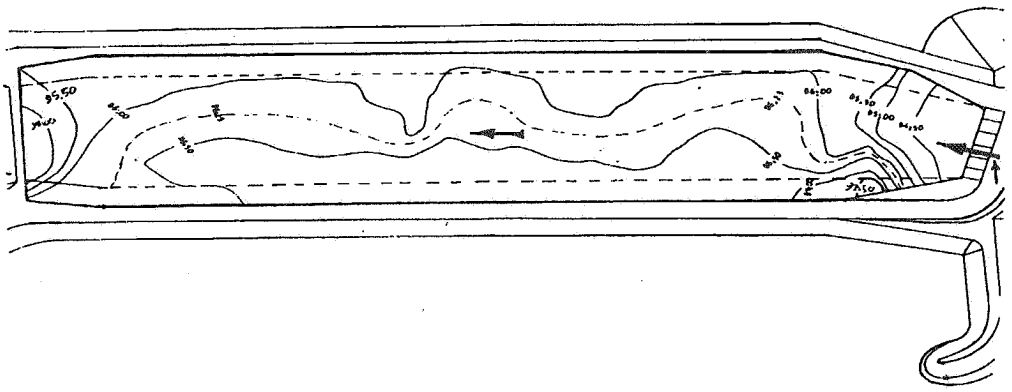
ب - زیر شبکه فومنات

در این قسمت، مسیر انتخابی از سد تاریک تا تونل و کانال آب برفومن و از آنجا کانال‌های BP_4 و SP_3 مورد بررسی قرار گرفته است.

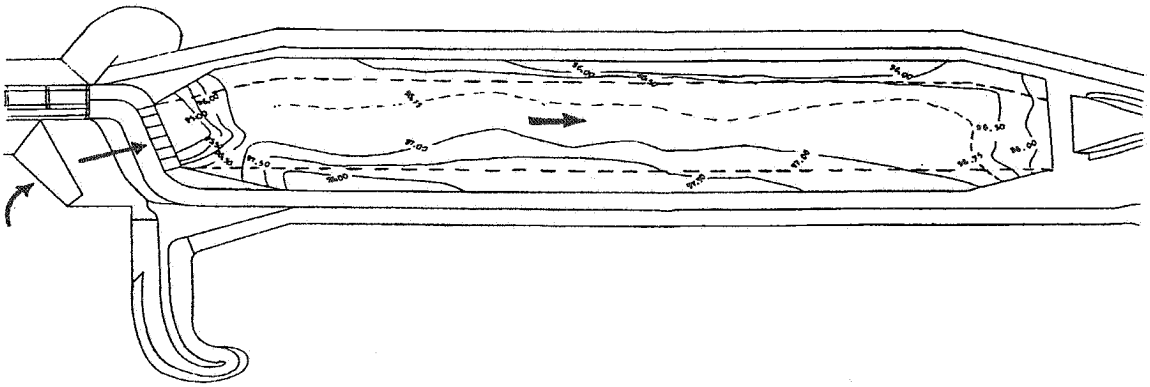
با توجه به ۴ متر تفاوت رقوم کف رودخانه در بالا دست سد تاریک و ورودی آبگیر تونل، درصد بسیار زیادی از رسوبات در پای سد تاریک باقی مانده و وارد تونل نخواهد شد. به همین دلیل، طراحان این سد انحرافی هیچ گونه حوضچه رسوبگیری برای آن طراحی نکرده‌اند. در تونل آب برفومن که از سد تاریک

1- Depth -integrating sampler (type DH-48)

2- Removal ratio



شکل ۴- توپوگرافی سطح حوضچه و رسوبگیر سمت چپ سد سنگر، بعد از اتمام فصل آبیاری در زمستان ۱۳۷۳



شکل ۵- توپوگرافی سطح حوضچه و رسوبگیر سمت راست سد سنگر، بعد از اتمام فصل آبیاری در زمستان ۱۳۷۳

آب می‌گیرد، به دلیل داشتن شیب ۲ در هزار تاکنون رسوبی مشاهده نشده است.

پس از تونل، کانال خاکی آب برفومن قرار دارد. سرعت آب در آن ۰/۸ متر در ثانیه است و در کیلومترهای ابتدایی آن رسوبگذاری قابل ملاحظه‌ای روی نداده است.اما در مواقعی که جریان آب دارای غلظت زیاد باشد خروج آب به شکل سرریز از فلوم هایی که در مسیر کانال و در اوایل آن قرار دارد مشاهده گردیده است. به طور قطع این مسئله به دلیل کم شدن قدرت عبور جریان در کانال می‌باشد (۲) که می‌تواند ناشی از رسوبگذاری ذرات در کف کانال در غلظت بالای جریان آب (بیش از حدود ۵ گرم در لیتر) باشد (جدول ۲). اعداد جدول ۲ در پانزدهم اردیبهشت ۱۳۷۴ و غلظت زیاد آب کانال فومن به‌دست آمده است. این که چرا در پایان فصل آبیاری پس از قطع آب، رسوبگذاری در چندکیلومتر ابتدایی کانال فومن مشاهده نمی‌شود شاید به این دلیل است که با کاهش غلظت به میزان کمتر از ظرفیت حمل رسوب در کانال (که در بخش عمده فصل زراعی اتفاق می‌افتد)، رسوبات نهشته شده به تدریج دوباره از جا کنده شده و معلق می‌گردند.

کانال‌های ذوزنقه‌ای شکل و بتنی BP_4 و SP_3 از کانال خاکی فومن منشعب می‌شوند(شکل ۶). جدول ۳ کاهش غلظت رسوب در طول کانال BP_4 را در پانزدهم اردیبهشت ۱۳۷۴ نشان می‌دهد. به طور متوسط در این روز حدود ۱/۵ سانتیمتر رسوب در طول کانال نشسته است.

گرچه خصوصیات هیدرولیکی و هندسی کانال‌های خاکی فومن و بتنی BP_4 و غلظت رسوب وارده به آنها متفاوت است اما مقایسه جداول ۲ و ۳ این نکته را مشخص می‌کند که کاهش

جدول ۲ـ کاهش غلظت رسوبات در کانال فومن در مسیر چوبر تا چهار راه اصلی شفت

فاصله از ابتدای کانال (متر)	غلظت رسوب در آب (گرم در لیتر)
۰	۱۵/۸
۵۰	۱۰/۸
۱۶۰۰	۹/۴
۲۰۰۰	۷/۸
۳۰۵۰	۷/۴
۴۵۰۰	۷/۰
۵۵۰۰	۶/۷
۶۷۰۰	۶/۴
۷۰۰۰	۶/۱

غلظت رسوب در کانال خاکی فومن نسبت به کانال بتنی BP_4 (در یک فاصله مشخص) بیشتر است. بنابراین انتقال رسوب در کانال بتنی BP_4 تا فاصله بیشتری صورت می‌گیرد، بدون این که ذرات رسوب ته‌نشین شوند. شیب و سرعت کافی آب در کانال بتنی BP_4 سبب انتقال رسوبات به انتهای شبکه آبیاری می‌گردد، که نتایج پاره کار (۲) را تأیید می‌نماید.

بعد از اتمام فصل آبیاری و قطع آب در هر کدام از سالهای ۱۳۷۳ و ۱۳۷۴ مشاهده شد که مقادیر زیادی رسوب در پشت اکثر تأسیسات این کانال جمع شده است که این مسئله در بهره برداری تاثیر نامطلوبی خواهد داشت.

کانال SP_3 نیز از لحاظ رسوب وضعیتی مشابه کانال BP_4 دارد. در طول کانال‌های BP_4 و SP_3 کانال‌های فرعی با مقطع نیمدایره، به فاصله حدود یک کیلومتر منشعب می‌شوند (شکل ۶). به دلیل شیب و سرعت آب کمتر در این کانال‌ها، به طور متوسط رسوبات نشسته در کف این کانال‌های درجه ۳، بعد از اتمام فصل آبیاری، حدود دو برابر کانال اصلی بوده است. حتی در مواردی رسوبات ته‌نشین شده چندان زیاد بوده که کانال

جدول ۳ـ کاهش غلظت رسوب در طول مسیر کانال بتنی BP_4

فاصله از ابتدای کانال (متر)	غلظت رسوب در آب (گرم در لیتر)
۰	۷/۰۰
۵۰	۶/۸۹
۱۶۰۰	۶/۸۶
۲۰۰۰	۶/۷۹
۳۰۵۰	۶/۷۲
۴۵۰۰	۶/۲۵
۵۵۰۰	۶/۱۴
۶۷۰۰	۶/۰۴
۷۰۰۰	۵/۹۳
۷۸۵۰	۵/۸۶
۸۴۰۰	۵/۷۹
۸۵۰۰	۵/۵۴
۱۰۷۰۰	۵/۱۴

غیرقابل استفاده گشته است.

در انتهای کانال ذوزنقه‌ای BP_4 کانال S7G با مقطع نیمدایره قرار دارد. شیب و سرعت آب در ابتدای کانال به ترتیب ۱/۱ درصد و ۰/۸۵ متر بر ثانیه و در فاصله ۲۰۰ متری از ابتدای کانال به ترتیب ۰/۶ درصد و ۰/۵ متر بر ثانیه اندازه‌گیری شده است. در طول این ۲۰۰ متر، غلظت رسوب از ۵/۱ گرم در لیتر به ۴/۲ گرم در لیتر کاهش یافته است. این امر به دلیل ظرفیت کمتر انتقال رسوب در این کانال (نسبت به کانال BP_4) و شاید هم نیمدایره‌ای بودن سطح مقطع آن می‌باشد و در نتیجه مسائل رسوب حادتر است. این نکته منطبق بر نتایج تحقیقات جعفرزاده (۳) می‌باشد.

دانه‌بندی ذرات ته‌نشین شده در مسیر سد تاریک تا انتهای کانال مسیر BP_4 در شکل ۷ نشان داده شده است. در این شکل دیده می‌شود که ذرات ماسه و سیلت در اکثر موارد رسوب

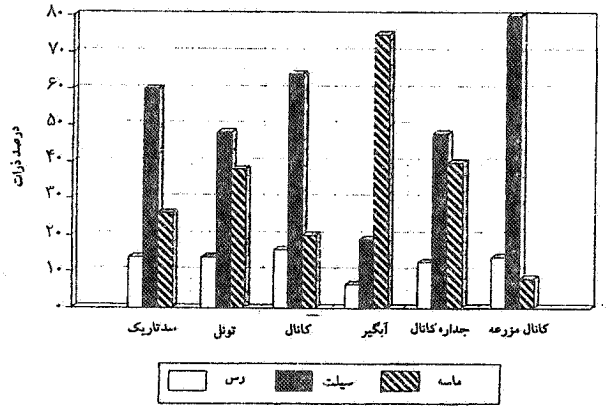
شکل ۶- کانال های BP_4 و SP_3 در زیر شبکه فومنات

جدول ۴- دانه‌بندی مواد ته‌نشین شده در کانال‌های مزرعه

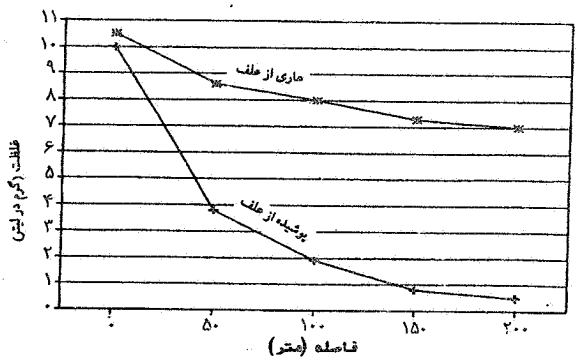
موقعیت	رس	سیلت	ماسه
ابتدای کانال	۸	۶۸	۱۴
۲۰۰ متر از ابتدای کانال	۱۲	۸۴	۴

جدول ۵-کاهش غلظت رسوب در طول یک کرت برنج به ابعاد ۱۰×۱۰۰ متر در مرحله ۱۵ روز بعد از نشاء

فاصله از ابتدا (متر)	۰	۵	۱۰	۱۵	۳۰	۵۰	۱۰۰
غلظت (گرم در لیتر)	۵/۸۱	۳/۳۷	۱/۱۹	۰/۷۶	۰/۶۵	۰/۵۶	۰/۴۹
درصد ته‌نشینی تجمعی	۰	۴۲	۷۹/۵	۸۶/۹	۸۸/۸	۹۰/۴	۹۱/۶



شکل ۷- درصد ذرات ته نشین شده از سد تاریک تا کانال مزرعه در مسیر BP_4



شکل ۸- مقایسه کاهش غلظت رسوب در کانال های پوشیده از علف هرز و عاری از علف هرز

کرده‌اند. وضعیت رسوب کانال SP_3 نیز شبیه BP_4 می‌باشد.

کانال‌های خاکی موجود در سطح مزارع عمدتاً دارای شیب و سرعت کم و علفهای هرز بسیار بوده و در مزارع سنتی مشکل پیچ و خم‌دار بودن کانال نیز به آن اضافه می‌گردد. لذا می‌توان انتظار داشت که سرعت جریان آب در آنها کم باشد. به همین دلیل ذرات ریز دانه نظیر سیلت نیز فرصت ته‌نشینی بیشتری پیدا می‌کنند (جدول۴). چنانچه عوامل کاهش سرعت (یعنی علفهای هرز و پیچ و خم کانال) از بین‌برده شوند رسوب کمتری درکانال‌های مزرعه باقی خواهد ماند. به عنوان مثال، برای نشان دادن تأثیر علفهای هرز در روند رسوبگذاری کانال‌های خاکی مزرعه، اقدام به نمونه‌برداری از مواد معلق در طول ۲۰۰ متر یک کانال خاکی در موسسه تحقیقات برنج گردید. دو حالت : ۱) کانال با علف هرز زیاد به‌طوری که اطراف کانال کاملاً پوشیده باشد و ۲) همان کانال ولی عاری از علف هرز، در نظر گرفته شد. شکل ۸ به خوبی نشان می‌دهد که با زدودن علفهای هرز در طول ۲۰۰ متر حدود ۳۳/۳ درصد مواد معلق ته‌نشین شده‌اند اما در حالتی که علف هرز وجود دارد در همین فاصله حدود ۹۵ درصد مواد رسوبی ته‌نشین شده‌اند. به این ترتیب می‌توان گفت که با از بین‌بردن علفهای هرز مشکل رسوبگذاری به مراتب کمتر می‌شود.

کانال‌های مزارع، آب را به کرتهای برنج می‌رسانند. چنانچه

شبکه قادر به کنترل رسوب نباشد ذرات رسوب وارد کرتها خواهندشد. با توجه به جدول ۵ ملاحظه می‌شود که عمده مواد رسوبی وارده به سطح مزرعه ریزدانه بوده و ورود آنها به داخل کرت برنج از نظر تغذیه مفید خواهد بود، به شرطی که رقوم ارتفاعی سطح مزرعه چندان تغییری نکند.

در کانال‌های زهکشی، به دلیل ته‌نشین شدن عمده ذرات رسوب در سطح کرتهای برنج، مسئله رسوب به شدت کانال‌های آبیاری نیست. به طور مثال، زمانی که غلظت رسوب در کانال آبیاری ۵/۸۱ گرم در لیتر بود غلظت رسوب در ابتدای زهکش مزرعه ۰/۳۴ گرم در لیتر و در فاصله ۹۰ متری از ابتدا برابر ۰/۳۱ گرم در لیتر اندازه‌گیری شد.

به طور کلی، از آنجا که هیچ گونه تأسیسات رسوبگیری در شبکه فومنات وجود ندارد ایجاد تأسیسات جدید رسوبگیری در ابتدای این شبکه می‌تواند مشکل رسوب را در این قسمت بسیار کاهش دهد. همچنین لازم است تأسیسات شبکه مزبور به طور مرتب بازرسی شده و در مواقع لزوم لایروبی گردد، علفهای هرز کانال‌های مزرعه از بین‌برده شوند و رقوم ارتفاعی کرتهای برنج کنترل گردد.

قدردانی

از سازمان تحقیقات کشاورزی و موسسه تحقیقات برنج به‌خاطر تأمین بودجه و امکانات انجام این طرح و از سازمان آب گیلان به‌خاطر همکاریهای بی‌شائبه سپاسگزاری می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱ـ امور مطالعات آب و خاک. ۱۳۶۲. گزارش رسوبات سد سفیدرود، وزارت نیرو، شرکت سهامی آب منطقه‌ای شمال.

۲ـ پاره کار، م. ۱۳۷۱. بررسی سرعت رسوبگذاری در کانال‌های آبیاری (شبکه آبیاری گتوند، خوزستان)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی کرج، دانشگاه تهران.

۳ـ جعفرزاده، ا. ۱۳۷۱. روشهای کنترل رسوب در شبکه‌های آبیاری و آبرسانی، انتشارات فرهنگ جامع، تهران، ۱۸۹ صفحه.

۴ـ حدادی، م. ۱۳۶۶. بررسی رسوب و رسوبزدایی در مخزن سد سفیدرود و اثرات آن در پایاب، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده کشاورزی کرج، دانشگاه تهران.

۵ـ شتاب بوشهری، س. ب. ۱۳۷۴. طراحی بهینه حوضچه‌های رسوبگیر در شبکه‌های آبیاری، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۲ صفحه.

۶ـ شرکت سهامی آب منطقه‌ای گیلان، ۱۳۶۹. گزارش مطالعات طرح ساماندهی رودخانه سپیدرود، مهندسین مشاور زیستاب.

۷ـ کسمایی، ه.م. ۱۳۷۱. کنترل رسوب ورودی به آبگیرها در سدهای انحرافی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده فنی، دانشگاه تهران.

۸ـ میرابوالقاسمی، ه. ۱۳۷۱. تخمین سرعت رسوبگذاری در کانال‌های پوشش‌دار با استفاده از غلظت مواد معلق و مقایسه آن با سایر روشهای موجود، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

9- Arci, I. 1990. Design of intakes and settling basins. In: Sediment Transport Technology, Proceedings, Vol. 1, DSI, Ankara, Turkey, pp. 10.1-10.28.

10- Blench, T. 1966. Mobile-Bed Fluviology. Dept. of Tech. Services, University of Alberta, Edmonton, Alberta, Canada.

11- Engelund, F. and E. Hansen, 1967. A Monograph on Sediment Transport in Alluvial Streams. Teknisk

Vorlag, Copenhagen, Denmark.

12- Kennedy, R.G. 1895. The prevention of silting in irrigation canals. Proc., Inst. of Civil Eng. 119: 281-290.

13- Lane, E.W. 1955. Design of stable channels, Trans., ASCE, 120: 1234-1279.

14- Lindley, E.S. 1919. Regime channels. Proc. Punjab Engineering Congress.

15- Novak, P., and C. Nalluri, 1975. Sediment transport in smooth fixed bed channels. Proc. ASCE, J. Hyd. Div. 101 (9): 1139-1154.

16- Paul, T.C., and V.S. Sakuja, 1990. Why sediment deposit in lined channels. ASCE, J. Irrig. and Drain. Eng. 116: (5).

17- Sayre, W.W. 1969. Dispersion of silt particles in open channel flow. ASCE, J. Hyd. Div. 95 (3): 1009-1038.

18- Tolouie, E. 1984. Reservoir sedimentation and de-siltation. Ph.D. dissertation, Engineering University of Birmingham.

19- USBR, 1967. Canals and Related Structures, Design Standards No. 3, Chapter 1, Dept. of the Interior, Denver, Colorado, USA.