رسوب شناسی حوضه آبریز سد سنگرد سبزوار

نوشته : دکتر رضا موسوی حرمی*، اسدالله محبوبی** ، دکتر ابراهیم امین سبحانی**
و دکتر مهدی‌رضا پورسلطانی

Sedimentological study of the Sangerd drainge basin in Sabzevar

By: Dr. R. Moussavi-Harami*, A.Mahbubi*, Dr.E. AminSobhani** and M. PoorSoltani***

چکیده

حوضه آبریز سنگرد واقع در بخش مرکزی استان خراسان از سه زیر حوضه باختری ، جنوبی و خاوری تشکیل شده است . گستره مورد بررسی از نظر ساختار زمین شناسی جزء واحد ایران مرکزی بوده و به طور عمده از واحدهای سنگی متعلق به اواخر مزوزوئیک و سنوزوئیک تشکیل شده است . رودخانه های تغذیه کننده ناحیه‌از نوع مآندری با بار بسترماسه‌ای گراولی باکانال متغیر می‌باشند .وجود واحدهای‌سنگی رسوب‌زا نظیر شیل و مارن و بارندگی‌های فصلی موجب فرسایش شدید در منطقه شده است . مطالعات رسوب شناسی نشان داده است که رسوبات رودخانه ای بیشتر از نوع sG, msG , gS, gmS ا ست که به طور عمده به سمت پایین دست از گراول ماسه ای به ماسه گلی گراولی تغییر اندازه می دهد . همچنین این مطالعات منجر به شناسایی ۹ رخساره سنگی (۳ رخساره گراولی ، ٤ رخساره ماسه ای و ۲ رخساره گلی) در توالی های تشکیل شده در رودخانه های منطقه شده است . وضعیت خاص زمین شناسی به ویژه سنگهای سست رسوبی منجر به تولید مقدار زیادی رسوب شده است که به سرعت باعث پر شدن مخزن سد و کاهش طول عمر مفید آن می گردد . با تغییر شرایط هیدرولیک کانال ها و کاشت گیاهان شور پسند می توان از تولید و حمل رسوب به مخزن سد جلوگیری نمود .

واژه های کلیدی : رسوب شناسی ، حوضه آبریز سد سنگرد، سبزوار ، خراسان ، ایران

Abstract

The Sangerd drainage basin is located in central part of Khorasan Province in arid to semiarid climate conditions and consists of three subbasins. Structurally, the study area is a part of Central Iran zone, and is compsed of Mesozoic and Cenozoic rocks. The river channels are mainly single with sandy gravelly bedload. The presence of shale and marl as well as seasonal rainfall in the study area, causes the strong erosion. Based on sedimentological studies, 9 lithofacies have been identified. The majority of sediments are sandy gravel (sG) but in downstream they change to gravelly muddy sand (gmS). Geologically, the presence of less resistance sedimentary rocks causes to produce a lots of sediments that can fill Sangerd reservoir very quickly. Therefor, we suggest by changing the hydrulic condition of channels can decrease the erosion and sediment transpot.

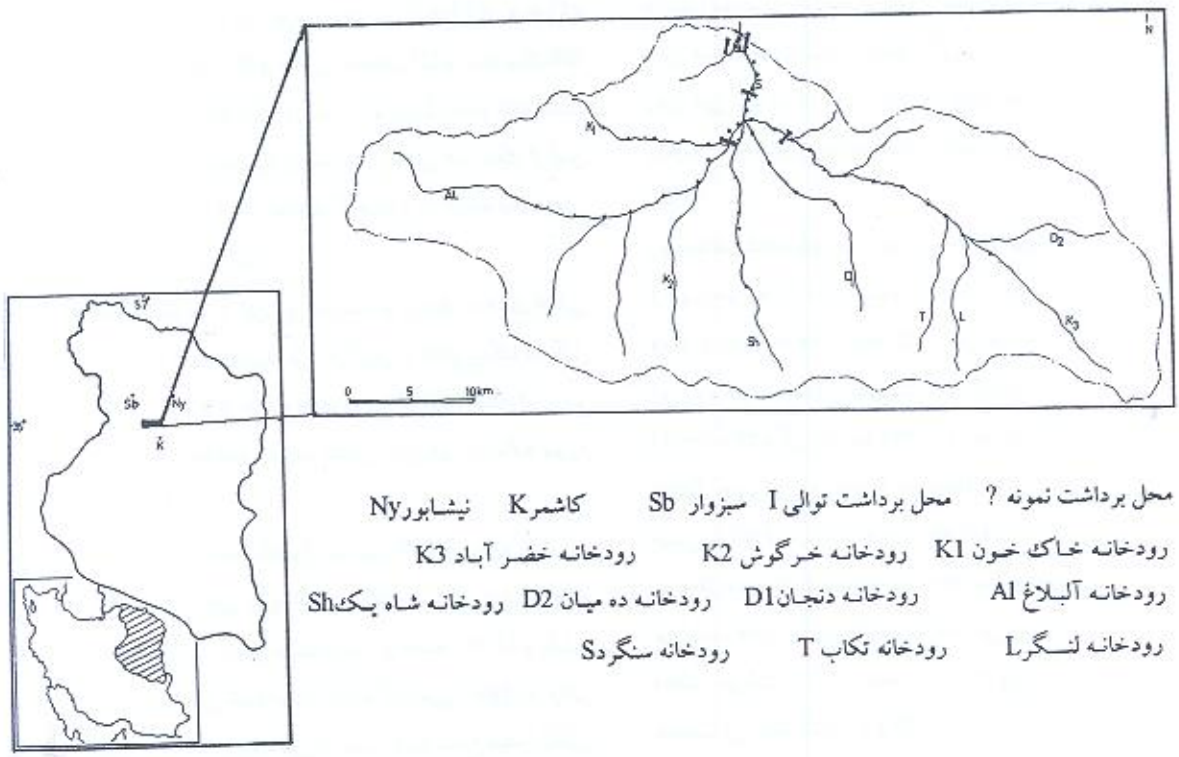
Keywords: Sedimentology, Sangerd Dam Drainge Basin, Sabzevar, Khorassan, Iran

مقدمه

حوضه آبریز سنگرد سبزوار به وسعت ۱۲۳۰ کیلومتر مربع در بخش مرکزی استان خراسان و در دامنه شمالی کوههای کوه سرخ کدکن بین طولهای جغرافیایی ۵۶-۵۷ و ۱۵-۵۸ و عرضهای جغرافیایی ۳۵-۳۵ و ۵۰-۲۵ جای دارد (شکل ۱) . این حوضه از سه زیر حوضه خاوری ، جنوبی و باختری تشکیل شده بطوریکه از سمت خاور رودخانه های لنگر ، ده میان ، تکاب و خضرآباد ، از سمت جنوب رودخانه های شاه یک (قلعه میدان) و دنجان و بالاخره از سمت باختر رودخانه های آلبلاغ ، خاک خون ، خرگوش و غلام بیک تغذیه کننده این زیر حوضه بوده که در بخش مرکزی به یکدیگر پیوسته و رودخانه سنگرد را تشکیل می دهد.

گستره مورد بررسی از نظر ساختاری بخشی از ایران مرکزی بوده که از شمال به زون بینالود محدود شده و از جنوب توسط گسل بزرگ درونه از بلوک لوت جدا می شود (نبوی، ۱۳۵۵ ، درویش زاده، ۱۳۷۰). واحدهای سنگی متنوعی در بخش های مختلف رخنمون دارد بطوریکه در بخش جنوبی سنگهای اولترامافیک به همراه سنگ های آهکی کرتاسه بالایی ، سنگ آهک ماسه ای پالئوژن ، توفهای مارنی حاوی نومولیت ، کنگلومرا ، سنگ آهک و ماسه سنگ توفی ائوسن ، در بخش شمالی بیشتر مارنهای قرمز رنگ حاوی گچ ، ماسه سنگ و کنگلومرا و کنگلومرای الیگوسن ، در بخش شمال باختر ، مرکز و خاور کنگلومرای پلیوسن و بالاخره در بخش مرکزی رسوبات کواترنر (افتخارنژاد و همکاران ، ۱۹۷۶ ، نادری و همکاران ، ۱۳۷۸) .

بیشترین وسعت حوضه آبریز سنگرد را واحد سنگی شیلی و مارنی تشکیل می دهد که به طور عمده در نزدیکی محل سد در حال احداث سنگرد و در محل انشعابات سر شاخه های آن رخنمون دارد . از آنجائیکه این واحد های سنگی در بالا دست سد سنگرد واقع هستند و قابلیت رسوب زایی آنها نیز نسبت به سایر واحد های سنگی بیشتر است و تاکنون نیز مطالعات دقیق رسوب شناسی و فرسایش رسوب در این ناحیه صورت نگرفته است لذا هدف از انجام این تحقیق ، مطالعه دقیق پارامترهای رسوب شناسی حوضه آبریز سنگرد و بررسی وضعیت رسوب زایی واحدهای پشت مخزن سد است .



محل برداشت نمونه ؟ محل برداشت توالی I سبزوار Sb کاشمر K نیشابور Ny

رودخانه خاک خون K1 رودخانه خرگوش K2 رودخانه خضر آباد K3

رودخانه آلبلاغ Al رودخانه دنجان D1 رودخانه ده میان D2 رودخانه شاه یک Sh

رودخانه لنگر L رودخانه تکاب T رودخانه سنگرد S

شکل ۱ : شبکه هیدروگرافی و موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز سنگرد . مسیر حرکت رودخانه ها عموما از جنوب به شمال است .

روش مطالعه

برای انجام این تحقیق ۸۰ نمونه رسوب به فاصله ۱ تا ۱/۵ کیلومتر در طول هر یک از انشعابات اصلی از بستر رودخانه برداشت شده است. نمونه ها پس از آماده سازی ، به روش خشک و مرطوب و نیز هیدرومتری (Lewis and Mcconchie 1994; Friedman and Johnson, 1982) دانه سنجی و به روش Head(1978), Folk (1982) Blair and Mc Pherson (1999)نامگذاری و سپس پارامترهای بافتی آنها محاسبه شده است . همچنین در مطالعات رخساره های سنگی و تعیین شرایط رسوبگذاری در کانال های اصلی رودخانه های پشت سد از روش Miall (1996) استفاده شده است . ضمنا میزان تولید سالانه رسوب در ناحیه مورد مطالعه با استفاده از روش تجربی Schwab(1981) محاسبه شده است .

رسوب شناسی

از آنجائیکه مطالعات رسوب شناسی حوضه آبریز سنگرد از طریق آنالیز رسوبات کانالهای اصلی سه زیر حوضه باختری (آبلاغ,Al و خاک خون K1) ، خاوری (خضرآباد,K3) و جنوبی (دنجان,D1 و شاه یک Sh) و همچنین رسوبات رودخانه سنگرد,S و محل دریاچه,L انجام شده است لذا ابتدا نتایج حاصل از دانه سنجی و پارامترهای بافتی هر یک از این رسوبات مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهد گرفت و در ادامه به معرفی رخساره های سنگی پرداخته می شود .

الف) زیر حوضه باختری : این زیر حوضه از رودخانه های اصلی آبلاغ و خاک خون و رودخانه های فرعی خرگوش و غلام بیک تشکیل شده است . از آنجائیکه آبلاغ و خاک خون رود خانه های اصلی این زیر حوضه محسوب می گردند لذا فقط رسوب شناسی این دو رودخانه مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد .

رودخانه آبلاغ :این رودخانه با طول تقریبی ۲۳ کیلومتر و با شیب متوسط ۰/۰۶۲ ٪ از باختر به خاور جریان دارد . آنالیز رسوبات این رودخانه نشان می دهد که اندازه ذرات در سر منشا بیشتر از ماسه (۷۴ ٪) و مقدار کمی گراول (۲۵/۷ ٪) تشکیل شده است (ماسه گراولی – gS) . فراوانی ماسه در این رسوبات به احتمال زیاد ناشی از شیب کم و شعاع هیدرولیکی کم کانال است . این رسوبات دارای کشیدگی پهن (۰/۹) ، جورشدگی ضعیف (۱/۷ فی) ، کج شدگی درشت (۰/۲) و فاقد بار معلق اند .

در بخش های پائین دست با اتصال رودخانه های خرگوش و غلام بیک به آبلاغ به دلیل افزایش انرژی ، میزان بار بستر افزایش یافته بطوریکه رسوبات به گراول ماسه ای(sG) تغییر می یابند . در این شرایط نیز مقدار بار معلق از درصد پائینی (۱۷٪) برخوردار است . این رسوبات دارای کج شدگی منفی (۰/۱-)، کشیدگی پهن (۰/۸) و جورشدگی بسیار ضعیف می باشد.

با ورود رودخانه خاک خون بار معلق در رسوبات افزایش یافته بطوریکه به گراول ماسه ای گلی (msG) تبدیل می گردند. این رسوبات دارای کج شدگی مثبت (۰/۱) ، کشیدگی متوسط (۱/۱۱) و جورشدگی بسیار ضعیف (۲/۴۲ فی) هستند و همچنین به دلیل ورود رسوبات از رودخانه خاک خون به صورت بایمدال می باشند . در انتهای رودخانه آبلاغ به دلیل نبود سازندهای رسوب زای مارنی و شیلی ، از فراوانی بار معلق کاسته شده و چون مسافت طی شده نیز زیاد می باشد فراوانی ذرات گراولی در اثر فرسایش کاهش یافته و مقدار رسوبات ماسه ای افزایش می یابد و به صورت گراول ماسه ای (sG) ته نشین می شود . این رسوبات دارای کج شدگی منفی (۰/۳۸-)، کشیدگی متوسط (۱/۰۷) و جورشدگی ضعیف (۱/۷۶ فی) هستند .

بنابراین با توجه به پارامترهای بافتی می توان چنین اظهار نمود که اندازه ذرات رسوب در طول مسیر دارای تغییرات متفاوتی است و تواما به سمت پائین دست تغییرات درشت شوندگی را نشان می دهند که عواملی نظیر بالا رفتن دبی آب در اثر ورود رودخانه های مختلف و نیز وجود کنگلومرای پالئوژن در انتهای رودخانه آبلاغ باعث این تغییرات شده اند (شکل های ۲ و ۳a).

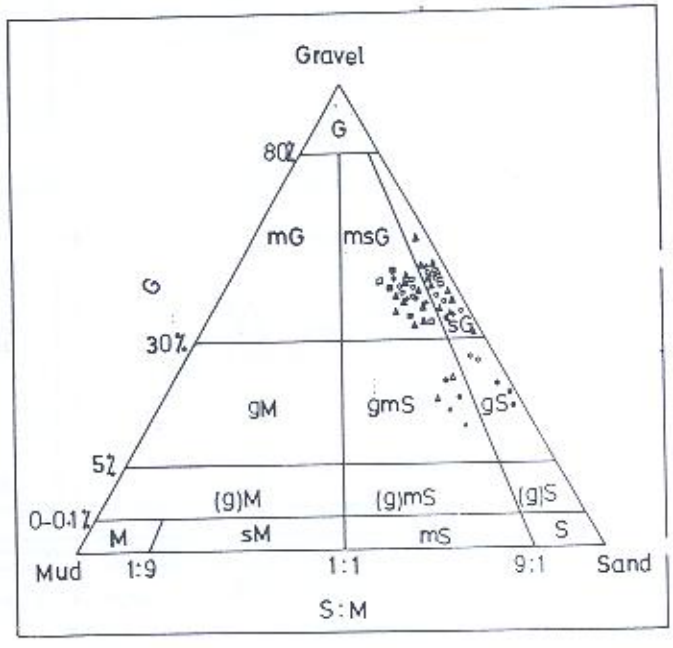
رودخانه خاک خون : رودخانه خاک خون که دارای طول ۱۶ کیلومتر و شیب متوسط ۱/۰۶٪ است و از سمت باختر به خاور جریان دارد ، یکی دیگر از رودخانه های تغذیه کننده زیر حوضه باختری است . رسوبات در این رودخانه در ابتدا به صورت ماسه گراولی با بار معلق ، کج شدگی منفی (۰/۱-) ، کشیدگی متوسط (۰/۹۲) و جورشدگی ضعیف(۱/۷۷ فی) است و به دلیل عبور این رودخانه از سازندهای مارنی و شیلی باختر ناحیه نقش مهمی در انتقال بار معلق به رودخانه آبلاغ را ایفا می نماید بطوریکه مقدار بار معلق در محل الحاق این رودخانه به رودخانه آبلاغ ۱۳ ٪ افزایش می یابد . علاوه بر این آنالیز رسوبات این رودخانه نشان می دهد که بخش اعظم رسوبات در اندازه ماسه درشت تا خیلی درشت و با جور شدگی بسیار ضعیف می باشد (شکل ۲ و ۳b) .

ب) زیر حوضه جنوبی : این زیر حوضه شامل رودخانه های دنجان و شاه یک (قلعه میدان) است که از ارتفاعات جنوب سرچشمه گرفته و به

رودخانه سنگرد می ریزند .

رودخانه دنجان : این رودخانه به طول ۱٤ کیلومتر و با شیب متوسط ۱/۲۸٪ از جنوب به شمال امتداد داشته و به دلیل شیب زیاد که با نیروی تنش برشی نیز نسبت مستقیم دارد ، باعث فرسایش بیشتر کناره و کف بستر کانال گردیده است . رسوبات این رودخانه به طور عمده از پبل ریز (گراول ماسه ای گلی با حدود ٤۷٪ گراول) تشکیل شده ودارای کشیدگی پهن (۰/۸۹)، جورشدگی بسیار ضعیف (۳/۳۷ فی) و کج شدگی مثبت (۳/٤) می باشد . ترکیب ذرات تشکیل دهنده این رسوبات بیشتر خرده سنگ های آهکی نومولیت دار و ماسه سنگی است که از واحدهای سنگی جنوب ناحیه سرچشمه گرفته اند (شکل ۲) .

رودخانه شاه یک (قلعه میدان) : این رودخانه با داشتن طول تقریبی ۱۵ کیلومتر و شیب متوسط ۱/۲٪ نسبت به سایر رودخانه های ناحیه از شعاع هیدرولیک بیشتری برخوردار است . بررسی های رسوب شناسی نشان داده است که از نظر بافتی در ابتدای کانال ذرات درشت تر (گراول ماسه ای) ، کج شدگی مثبت (۰/۳۳) ، جورشدگی خیلی ضعیف (۲/۵۹ فی) و کشیدگی ۱/۱۳ (حالت کشیده) است که به تدریج به سمت پائین دست به



شکل ۲- مثلث نامگذاری رسوبات Folk (1980) که نام رسوبات رودخانه‌های مورد مطالعه در حوضه آبریز سنگرد بر روی آن مشخص شده است (شاه یک □ ، دنجان ■ ، دریاچه + ، سنگرد◆ ، حضرآباد△ ، آبلاغ ▽ ، خاک خون ●).

دلیل عبور رودخانه از آبرفتهای کواترنر میزان بار معلق افزایش یافته و رسوبات به گراول ماسه ای گلی (msG) تغییر می یابند. ضمنا علاوه بر نقش مهمی که این رودخانه در انتقال رسوبات دانه ریز ایفا می کند به دلیل افزایش ناگهانی در انتهای کانال میزان گراول وارده نیز قابل توجه است (شکل های ۲ و ۳c) .

ج) زیر حوضه خاوری : این زیر حوضه از رودخانه های خضرآباد، لنگر، تکاب و ده میان تشکیل شده و از ارتفاعات جنوب خاوری و شمال خاوری سرچشمه می گیرند . رودخانه خضرآباد اصلی ترین رودخانه این زیر حوضه محسوب می گردد که ویژگی های آن به طور تفصیلی به شرح زیر است:

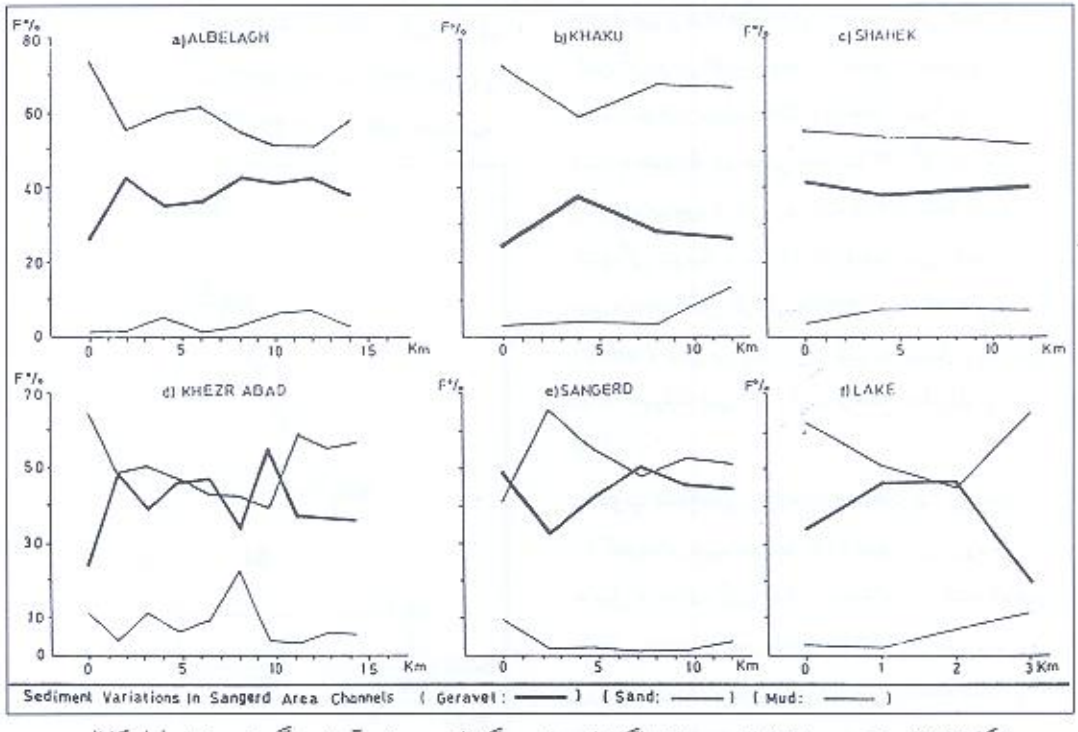
رودخانه خضرآباد: این رودخانه به طول بیش از ۲۵ کیلومتر و شیب ۰/۹۳٪ از خاور به باختر جریان دارد . رودخانه های لنگر، تکاب و ده میان از رودخانه های فرعی مشروب کننده خضرآباد می باشند . ورود آبراهه های فرعی از ارتفاعات مارنی – ماسه سنگی شمال شرق نیز در انتقال مقادیر کمی آب و نیز افزایش رسوب (شامل بار معلق و بار بستر) نقش بسزایی دارند . میزان رسوبات کانال رودخانه خضرآباد از نوسان زیادی برخوردار است به طوریکه در بعضی نقاط تا ۲۳٪ گل در رسوبات یافت می شود . رسوبات موجود در این رودخانه در اکثر نقاط دارای کج شدگی مثبت ، کشیدگی متوسط و جورشدگی ضعیف می باشند . این رسوبات در ابتدا به صورت ماسه گلی گراولی (gmS) بوده که بتدریج به گراول ماسه ای گلی (msG) تغییر می یابند . این تغییر به احتمال زیاد ناشی از افزایش انرژی در اثر تغییرات دبی آب ، شیب و شعاع هیدرولیکی است (شکل های ۲ و ۳d) .

رسوب شناسی رودخانه سنگرد : رودخانه سنگرد با طول حدود ۱۰ کیلومتر و شیب متوسط ۰/۸٪ اصلی ترین رودخانه منطقه است . آبهای حاصل از حوضه آبریز به این رودخانه وارد شده که همراه خود مقادیر قابل توجهی رسوب به صورت بار معلق و بار بستر نیز انتقال می دهند . بررسی های دانه سنجی رسوبات این رودخانه نشان می دهد که در ابتدای کانال به دلیل الحاق رودخانه های فرعی رسوبات به طور عمده از نوع گراول ماسه ای گلی (msG) با کج شدگی مثبت (۰/۲۸)، کشیده (۱/٤)و با جورشدگی خیلی ضعیف (۲/٦فی) است ولی به دلیل دائمی بودن آن به تدریج گلهای موجود شسته شده و در انتهای مسیر به رسوبات بیشتر گراول ماسه ای (sG) تغییر می یابند . لازم به ذکر است که به دلیل انرژی بالای رودخانه و سایش ذرات درشتر ، از مجموع ذرات گراول ، درصد پبل

کاسته شده و میزان گرانول ثابت مانده است که منجر به افزایش درصد فراوانی ماسه شده است . ضمنا از نظر شکل نیز ذرات به دلیل مسافت طولانی حمل و نقل اغلب گرد شده هستند . از آنجائیکه بخش اعظم رسوبات دانه ریز در این رودخانه شسته و به پائین دست انتقال می یابد ، این موضوع منجر به حمل کلیه رسوبات دانه ریز به پشت سد گشته که از نظر کاهش عمر مفید سد بسیار قابل توجه است (شکل های ۲ و۳).

رسوب‌شناسی دریاچه‌پشت سد در حال‌احداث : بررسیهای انجام شده بر روی رسوبات داخل دریاچه نشان می دهد که بطور کلی در ابتدای دریاچه و در محل ورود رودخانه سنگرد ، عمده رسوبات دانه درشت اند (۳٤/۱٪ گراول ، ٦۳٪ ماسه و ۲/۹٪ گل – گراول ماسه ای $sG_{,,}$). این رسوبات دارای کج شدگی منفی (۰/۳۵-) ، کشیدگی متوسط (۰/۹۳) با جورشدگی بسیار ضعیف (۲ /۹۳ فی) هستند . با حرکت تدریجی به سمت داخل دریاچه در نزدیکی سد ، پارامتر کج شدگی به کج شدگی مثبت تغییر می یابد که نشان دهنده کم شدن قطر ذرات و افزایش درصد فراوانی بار معلق است . کاهش اندازه ذرات به احتمال زیاد ناشی از عوامل مختلف بخصوص کاهش شعاع هیدرولیکی انتهای کانال رودخانه سنگرد و باقی گذاشتن رسوبات دانه درشت به دلیل افت انرژی ، سایش رسوبات دانه درشت و فرسایش سازندهای ماسه سنگی ومارنی مشرف به دریاچه است.

در پایان با تلفیق نتایج مطالعات رسوب شناسی این حوضه می توان چنین اظهار نمود که وضعیت توزیع اندازه دانه ها در رودخانه های حوضه آبریز دارای تغییرات قابل توجه ای است به طوریکه بیشترین افزایش رسوبات دانه ریز مربوط به رودخانه های خاک خون و خضرآباد بوده که ناشی از فرسایش سازندهای مارنی وشیلی شمال منطقه است . رسوبات ماسه ای بیشترین افزایش را در خاک خون ، خضرآباد و آلبلاغ نشان می دهد که حاصل فرسایش سازندهای ماسه سنگی در شمال ناحیه است . ذرات گراول نیز در رودخانه سنگرد و سپس شاه یک و آلبلاغ از فراوانی بالایی برخوردارند که ناشی از دبی زیاد آب و فرسایش کنگلومرای پلیوسن- کواترنر در انتهای کانال رودخانه آلبلاغ است (شکل های ۲ و۳) .



شکل ۳: تغییرات در صد فراوانی رسوبات (گراول ، ماسه و گل) در حوضه آبریز سنگرد نسبت به طول کانال

توالی های رسوبی

توالی های رسوبی مطالعه شده در ناحیه سنگرد مربوط به کانال های اصلی از جمله آلبلاغ ، خضرآباد ، سنگرد و دریاچه سد در حال احداث است . در این بررسی بر اساس شناسایی ویژگی های سنگ شناسی و ساختارهای رسوبی ، رخساره های سنگی از یکدیگر تفکیک شده اند که به طور

اختصار در جدول ۱ ارائه شده است .

الف) توالی رسوبی رودخانه آلبلاغ : این توالی رسوبی در دیواره خاوری رودخانه آلبلاغ بین رودخانه خاک خون و محل الحاق زیر حوضه های منطقه بررسی شده که ستبرای آن در حدود ۵ متر است . رخساره های سنگی این توالی شامل Sh, Gh , تناوب Gh و St و تناوب Gcm , Gp, St است . در اکثر رخساره ها دانه های گراولی دارای فابریک ایمبریکاسیون هستند که جهت جریان را از جنوب به شمال مشخص می کنند ، همچنین در رخساره های ماسه ای Sh و St لامیناسیون و لایه بندی مورب نیز کاملا مشهود است. توالی رسوبی آلبلاغ از سه سکانس تشکیل شده که هر کدام با یک رخساره گراولی گلی شروع شده و در انتها به رخساره ماسه ای ختم می گردد . همبری رخساره ها در هر یک از سکانس ها به فرم تدریجی بوده که حاصل کاهش تدریجی جریان است . اما جریان بعدی که باعث تشکیل سکانس رسوبی دیگری می گردد ، به دلیل انرژی بالا ، موجب فرسایش سطح آخرین رخساره از سکانس زیرین گردیده که در نهایت همبری فرسایشی بین این دو سکانس را بوجود آورده است (شکل ٤a) .

در خاتمه می توان چنین نتیجه گرفت که این بخش از کانال به دلیل داشتن شعاع هیدرولیکی زیاد و همچنین ادغام رودخانه های آلبلاغ ، خرگوش ، غلام بیک ، خاک خون و دیگر آبراهه های فرعی دارای دبی بسیار بالا بوده

کد رخساره سنگی	رخساره	ساختار رسوبی	تعبیر و تفسیر
Gcm	گراول توده‌ای با دانه فراوان	-	جریان خرده دار به فرم پلاستیکی کاذب (حرکت به فرم بار بستر با جریان آشفته)
Gh	گراول با دانه فراوان و لایه بندی مبهم	لایه بندی افقی با ایمبریکاسیون	اشکال لایه‌ای به فرم سدهای طولی، رسوبات باقی مانده و رسوبات غربال شده
Gp	گراول با چینه بندی	طبقه بندی مورب مسطح	اشکال لایه‌ای به فرم سدهای متقاطع
St	ماسه ریز تا خیلی درشت و احتمالاً پبل دار	لایه بندی مورب تراف	مگاریپل‌های سه بعدی با خط‌الراس پیچیده و هلالی
Sp	ماسه ریز تا خیلی درشت و احتمالاً پبل دار	طبقه بندی مورب مسطح	مگاریپل‌های دو بعدی با خط الرأس متقاطع و هلالی شکل
Sr	ماسه خیلی ریز تا درشت	لامیناسیون مورب ریپلی	ریپل مارک (رژیم جریانی پائین)
Sh	ماسه خیلی ریز تا درشت و احتمالاً پبل دار	لامیناسیون افقی، جدایش خطی	جریان حد واسط (مرحله بحرانی جریان از پایین به بالا)
Fl	ماسه، سیلت، گل	لامیناسیون خیلی نازک همراه با ریپل‌های خیلی کوچک	رسوبات خارج کانال، رسوبات کانالهای متروکه یا رسوبات در هنگام فروکش سیلاب
Fm	گل، سیلت	توده‌ای، حاوی ترکهای حاصل از خشک شدن	رسوبات خارج کانال، رسوبات کانال متروکه یا رسوبات پوششی

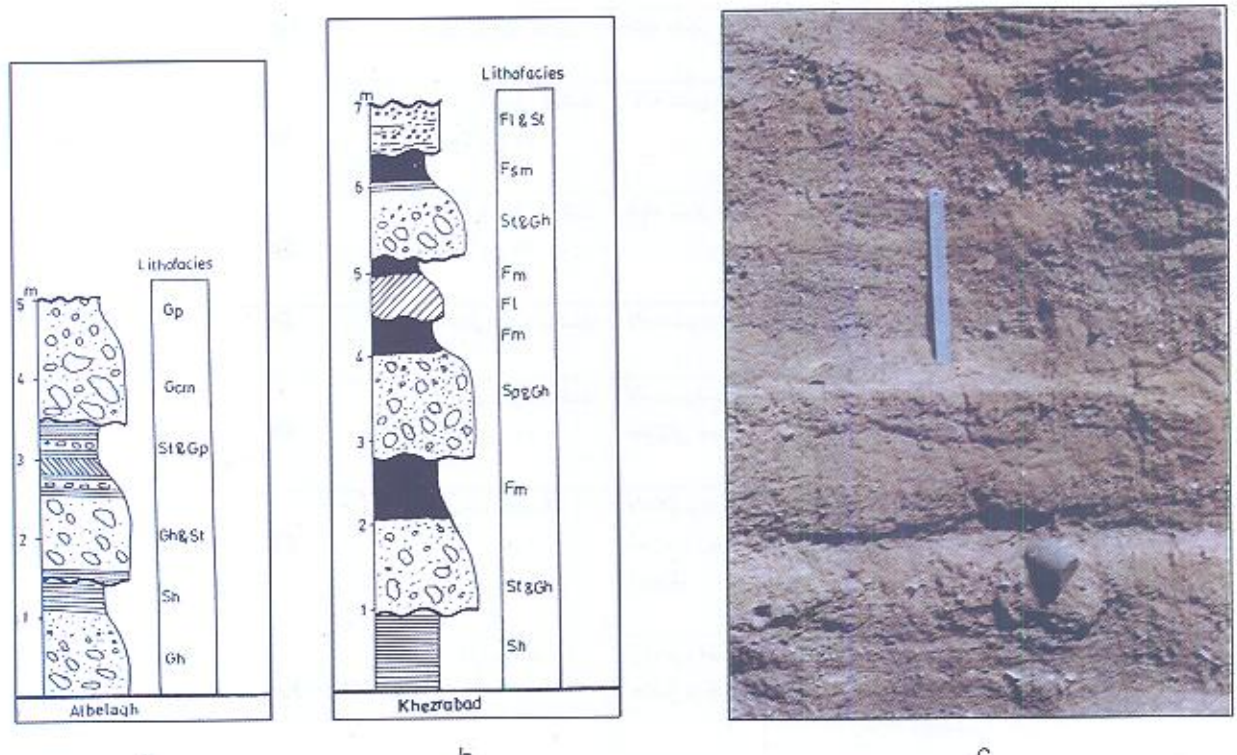
جدول ۱: اختصاصات رخساره های سنگی شناسایی در منطقه مورد مطالعه

با استفاده از کد های رخساره ای Miall (1996)

که این دو عامل باعث افزایش انرژی و در نهایت قدرت حمل بیشتر شده است . لذا بخش عمده ای از این توالی را رخساره های گراولی تشکیل داده است . همچنین با وجود اینکه بار معلق فراوانی از طریق رودخانه خاک خون وارد این کانال می گردد ولی عدم وجود رخساره گلی نیز بالا بودن انرژی که منجر به خروج گل از محیط شده است را تائید می نماید .

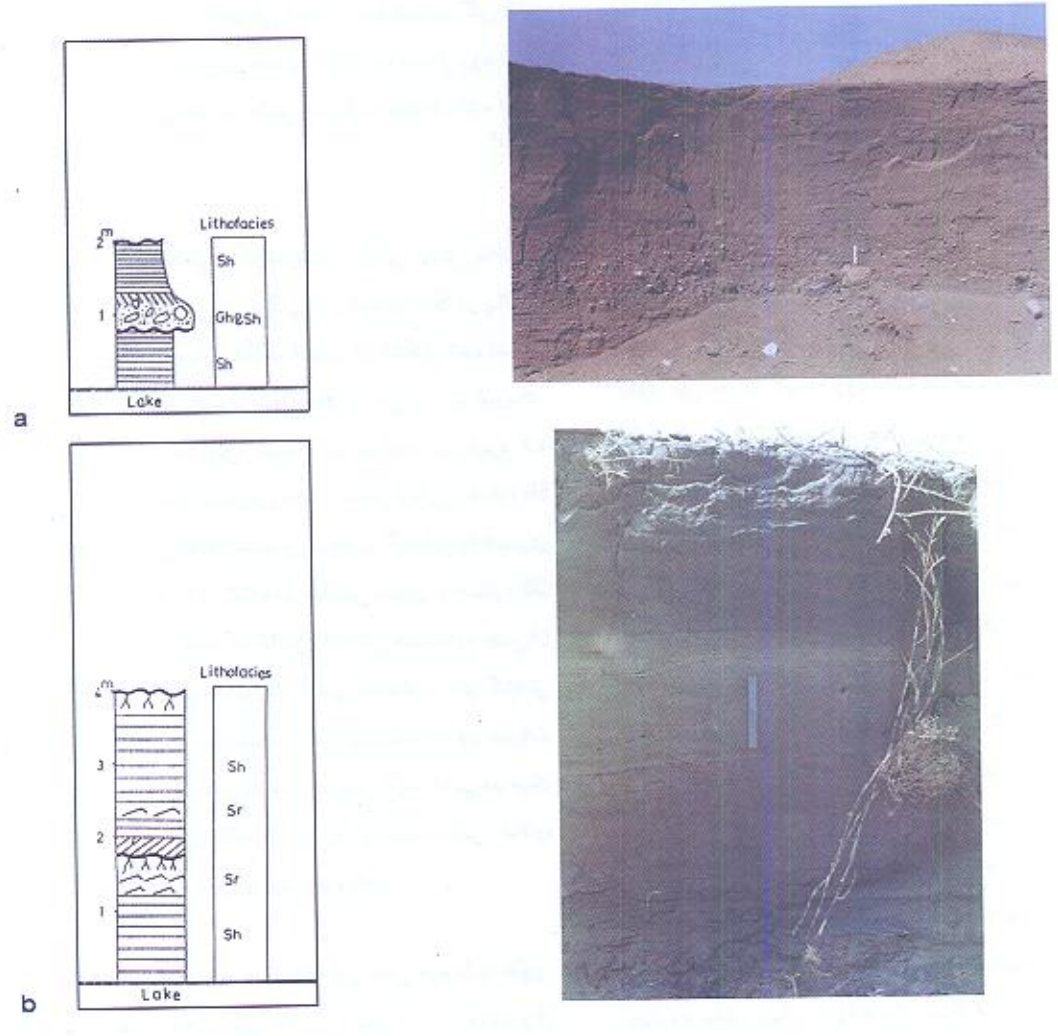
ب)توالی رسوبی رودخانه خضرآباد: این توالی رسوبی مربوط به دیواره شمالی انتهای خضرآباد بوده که ضخامت آن بیش از ۷ متر است (شکل های ٤b و ٤c) . این توالی از سکانس های رسوبی کم و بیش کاملی تشکیل شده و شامل رخساره های سنگی Fl, Fm, Sp, St, Sh و Gh است . قاعده هر سکانس از رسوبات ماسه ای ریز تا درشت و گاهی پبل دار تشکیل شده که در انتهای آن به رخساره گلی ختم می گردد. همبری رخساره ها تدریجی است ولی آخرین رخساره هر سکانس با رخساره سکانس بعدی دارای همبری فرسایشی است که در اثر جریان بعدی ایجاد شده است . فابریک ایمبریکاسیون که نمایانگر جهت جریان بوده در رخساره های گراولی (Gh, St, Sp) مشهود است . لامیناسیون افقی بیشتر در رخساره های ماسه ای(Sh) مشاهده می شود . در رخساره های Fl که از ماسه و سیلت و رس تشکیل شده است ، لامیناسیون بسیار ظریف مورب وجود دارد . همچنین لایه بندی مورب و به ندرت از نوع تراف در رخساره های St مشاهده می شود . تفسیر این توالی رسوبی مشخص کننده انرژی کمتر در رودخانه خضرآباد است که ناشی از کاهش شعاع هیدرولیکی کانال و شیب کف بستر است . همچنین وجود سازندهای مارنی ، شیلی و ماسه سنگی در شمال و رسوبات کواترنر در جنوب کانال باعث افزایش بار معلق و ماسه شده است . در نتیجه بیشتر رخساره های شناخته شده از نوع ماسه ای و گلی می باشند . نبود رخساره های گراولی در این توالی را می توان از چند جهت تفسیر نمود . اول اینکه به دلیل انرژی پائین ، دانه های در اندازه گراول کمتر حمل شده اند و دوم اینکه خرده سنگ به طور عمده رسوبی بوده و مقاومت آنها در برابر فرسایش کم است لذا سائیدگی دانه ها در طول کانال باعث کاهش اندازه آنها شده است .

ج) توالی رسوبی رودخانه سنگرد: این توالی در دیواره خاوری برداشت شده است . ستبرای آن بیش از ۳ متر بوده و از رخساره های Gcm,



شکل ٤ : توالی رسوبی آلبلاغ (a) ، خضرآباد (b) و نمایش بخشی از توالی خضر آباد در صحرا(c)

شکل ۵ : توالی رسوبی رودخانه سنگرد (a) و نمایش بخشی از این توالی در صحرا(b)



شکل ٦ : توالی رسوبی بخش غربی (a) و شرقی (b) دریاچه . قسمت هایی از این توالی ها در صحرا در تصاویر سمت راست نشان داده شده است .

Gh, Sh, Fm تشکیل شده است (شکل ۵) . بیشترین رخساره در این رودخانه رخساره ماسه ای است . در هر سکانس رخساره ها به فرم تدریجی به هم تبدیل می شوند که دلیل بر کاهش مداوم انرژی است ، و لیکن همبری فوقانی رخساره های گلی با ستبرای ناچیز که در انتهای هر سکانس رخنمون دارد در اثر جریان بعدی فرسایش یافته و باعث ایجاد همبری فرسایشی در میان سکانس ها شده است . اما در اکثر سکانس ها رخساره گلی وجود نداشته که دلیل بر خروج گل بر اثر جریان مداوم رودخانه می باشد . لذا نبود رخساره های گلی در این توالی به دلیل وجود جریان بالا و مداوم بوده که منجر به خروج این رسوبات از محیط شده است . تناوب رخساره های گراولی و ماسه ای و همبری تدریجی نیز دلیل بر تغییرات جریان می باشد . علاوه بر این نبود رخساره های گراولی با ستبرای زیاد نیز سایش دانه ها در طی مسیر کانال را نشان می دهد . وجود قطعات گلی که به صورت واریزه از سازندهای دانه ریز حاشیه کانال به داخل رودخانه ریخته شده اند ، به دلیل نزدیکی منشا در داخل رسوبات محفوظ مانده اند .

د) توالی رسوبی بخش باختری دریاچه : توالی بخش باختری دریاچه ستبرایی حدود ۲ متر دارد . این توالی از رخساره Sh در پائین ، تناوب Gh , Sh در وسط و رخساره Sh در انتهای آن تشکیل شده است . ساختمان های رسوبی از نوع لامیناسیون مسطح افقی و مورب و نیز فابریک ایمبریکاسیون به مقدار فراوانی در این رخساره ها مشاهده می شود که جهت جریان را از جنوب به شمال نشان می دهند . سطح فوقانی رخساره Sh در اثر جریان بعدی فرسایش یافته است و رسوبات گراولی با همبری مشخص بر روی آن رسوب کرده است اما در سکانس بعدی رخساره Gh به تدریج به رخساره Sh تبدیل شده که حاصل کاهش مداوم جریان می باشد (شکل ٦ a) . لازم به ذکر است که گاهی اوقات بر اثر کاهش یکباره جریان ، رسوبات دانه ریز و درشت با هم رسوب نموده و رسوبات دانه ریز باقی مانده برای مدت کوتاهی به صورت بین لایه هایی در میان رسوبات دانه درشت ته نشست کرده اند . از این رو در قسمت میانی علاوه بر رسوبات دانه درشت ،رسوبات دانه ریز نیز وجود دارد.

و) توالی رسوبی بخش خاوری دریاچه: این توالی مربوط به خاور دریاچه نزدیک سد در حال احداث است . ستبرایی بیش از ٤ متر داشته و از رخساره های ماسه ای Sr و Sh تشکیل شده است . در این توالی می توان دو سکانس تشخیص داد که انتهای هر سکانس با به هم ریختگی توسط ریشه گیاهان مشخص می گردد . سکانس اول با رخساره Sr شروع شده و دارای لامیناسیون مسطح افقی و ریپل مارک نامتقارن است . ریپل های نا متقارن وجود یک جریان آرام یک جهتی را که پس از یک جریان بالا حادث شده است ، نشان می دهد . سکانس بعدی نیز با رخساره Sh شروع می شود . در این رخساره نیز لامیناسیون مسطح افقی جریان بالا مشاهده می شود . رخساره گلی Fm در بعضی جاها به چشم می خورد که حاکی از سکون آب می باشد . همبری سکانسها با یکدیگر به فرم تخریبی بوده که حاصل به هم ریختگی توسط ریشه گیاهان و تاثیر جریان بعدی می باشد (شکل ٦b) .

در خاتمه وجود رخساره های دانه ریز و گسترش آنها در مخزن سد و نقصان یا نبود رخساره های گراولی را می توان عمدتا ناشی از کاهش شعاع هیدرولیکی و شیب بستر دانست که منجر به افت انرژی شده است . از اینرو رسوبات دانه درشت در بالا دست بر جای گذاشته شده اند و بیشتر رسوبات دانه ریز به پشت سد انتقال یافته است . علاوه بر این ، فرسایش واحدهای کنگلومرایی و ماسه سنگی الیگومیوسن در شمال منطقه نیز در افزایش رسوبات ماسه ای و سیلتی نقش مهمی داشته اند .

فرسایش و رسوب زایی حوضه آبریز سنگرد

بطور کلی جریان آب در رودخانه ها همواره توام با فرسایش خاک و واحدهای سنگی و درنهایت حمل رسوب می باشند که عوامل مختلفی از جمله شرایط اقلیمی ، نوع خاک ، ترکیب سنگ شناسی ، پوشش گیاهی و پستی و بلندی در میزان فرسایش موثرند . در حوضه آبریز مورد مطالعه نیز به دلیل احداث سد سنگرد موضوع رسوب زایی از اهمیت بالایی برخوردار است علیزاده در سال ۱۳۷۸سنگ ها را از نظر حساسیت در مقابل فرسایش طبقه بندی نموده که در این طبقه بندی مارن ، شیل و گچ به عنوان سنگ های حساس و رسوب زا در نظر گرفته شده اند . بررسی رخنمونهای پشت سد نشان می دهد که نوع سنگ های موجود از نوع فرسایش پذیر بوده و لذا می تواند در تولید رسوب دانه ریز و افزایش بار معلق بسیا رمفید باشد که مقدار آن در شرایط سیلابی به حداکثر خواهد رسید (جدول ۲) .

همانطوریکه قبلا اشاره شد ، بخش جنوبی ناحیه مورد مطالعه از سنگهای مختلف اولترابازیک و رسوبی ، بخش های مرکزی از آبرفتهای دوران چهارم و بخش شمالی از واحدهای سنگی دانه ریز شیل و مارن که عمدتا با ماسه سنگ و کنگلومرا بطور متناوب قرار دارند ، تشکیل شده است . از آنجائیکه این نوع سنگ ها از نظر فرسایش از حساسیت بالایی برخوردارند

(جدول ۲) لذا باعث افزایش بار معلق بویژه در هنگام سیلابی می گردند که نهایتا ضمن انتقال مقادیر زیادی رسوب به پشت سد ، منجر به افزایش نیروی برشی شده (علیزاده ، ۱۳۷۸) که بر میزان فرسایش می افزاید . از سوی دیگر مقدار شیب رودخانه ها نیز یکی دیگر از عوامل موثر در ایجاد نیروی برشی است که با اندازه گیری مقدار متوسط شیب ، بیشترین فرسایش در رودخانه دنجان (شیب متوسط ۱/۲۸٪) و کمترین آن در رودخانه آلبلاغ (با شیب متوسط ۰/۶۲٪) است .

با توجه به اینکه منطقه مورد مطالعه حدود ۱۲۳۰ کیلومتر مربع (معادل ٤٦٧/٤ مایل مربع) وسعت دارد ، لذا جهت تخمین نرخ حمل رسوب (SDR=Sediment Delivery Ratio) می توان از فرمول Schwab(1981) که برای حوضه های با مساحت ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ مایل مربع ارائه شده است استفاده نمود . در این فرمول A مساحت حوضه بر اساس مایل مربع یا کیلومتر مربع است .

$$SDR = 64.6\ A^{0.2775} = 642.24\ T/Km^2$$

بنابراین مقدار رسوب تولید شده در سال معادل ٦٤٢/٢٤ تن به ازاء هر کیلومتر مربع است که با در نظر گرفتن میانگین جرم مخصوص رسوبات منطقه (۱/۵۳ گرم بر سانتیمتر مکعب) ، مقدار حجم رسوب تولید شده در حوضه آبریز سنگرد معادل ۳۷۱۰۰۰ متر مکعب در سال خواهد بود که مقدار قابل توجهی می باشد و می بایست جهت جلوگیری از انتقال این مقدار رسوب به مخزن سد با استفاده از راهکارهای مناسب اقدام نمود . لازم به ذکر است که مقدار حجم رسوب محاسبه شده از طریق فرمول اسکوب کم و بیش معادل حجم رسوب محاسبه شده از طریق سایر روش هاست (سازمان آب منطقه ای خراسان ، ۱۳۷٤) .

راهکار های پیشنهادی به منظور جلوگیری از رسوب زایی و حمل رسوب

به منظور جلوگیری از ایجاد رسوب و حمل آنها و با در نظر گرفتن عوامل زمین شناسی ، ژئومورفولوژی ، اقلیم شناسی ، خاکشناسی ، رسوب خیزی و هیدرولیک کانالهای منطقه مورد مطالعه پیشنهادات زیر ارائه می گردد :

۱-**طرح محافظت خاک** :این طرح از طریق توسعه کشاورزی و پرورش گیاهان شورپسند در نواحی باختر و مرکز قابل اجراست که یکی از راهکارهای عمده محسوب می گردد . در این روش می توان از کاشت گیاهان اقتصادی سازگار با شرایط محیطی نظیر گندم ، جو، پنبه ، یونجه، پسته و زیره سبز استفاده نمود .

۲-**تغییر شرایط هیدرولیکی کانالها** : در این طرح می توان روشهای مختلف پیشنهادی زیر را بکار برد :

۲-۱- روش ایجاد سدهای فرعی خاکی بر روی بعضی از کانالهایی که از ارتفاعات جنوبی سرچشمه گرفته و از زمینهای کشاورزی عبور می نمایند (رودخانه های خرگوش ، غلام بیک ،دنجان و شاه یک) . این طرح جهت جلوگیری از حمل رسوب ، آبیاری زمینهای کشاورزی با استفاده از آب ذخیره شده و نیز تغذیه مصنوعی آبهای زیر زمینی منطقه بکار خواهد رفت (شکل ۷a) Head (1985) .

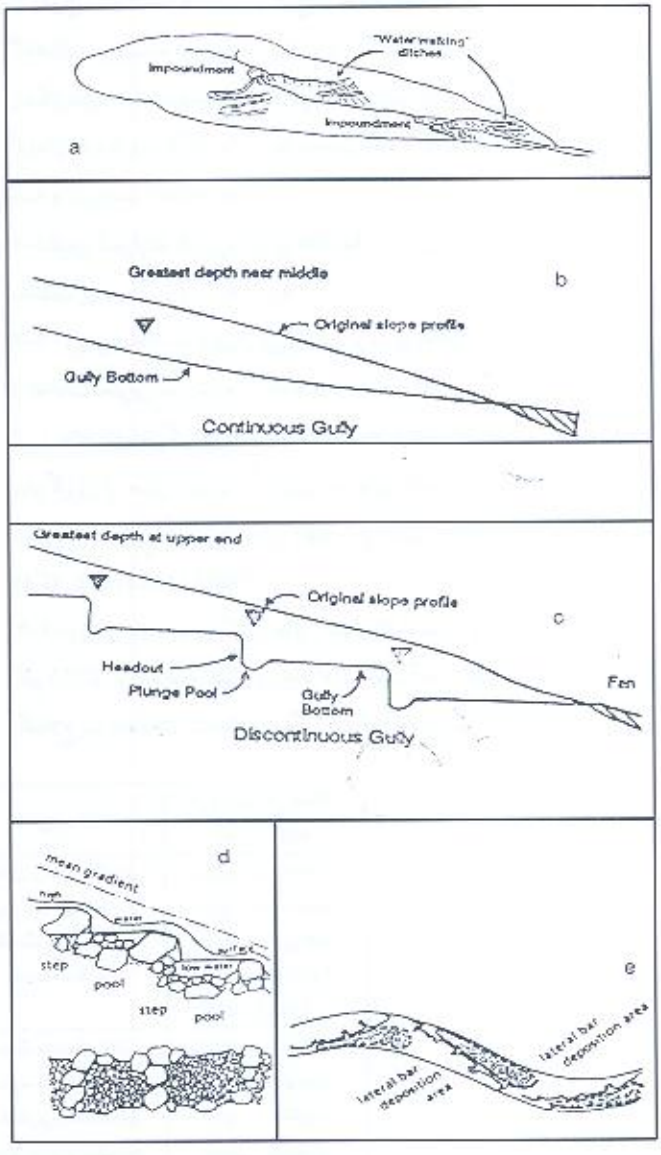
۲-۲- روش ایجاد سد و کانال های کنترل شده بر روی کانالهای با شیب کم (۱٪ تا ۳٪) منطقه نظیر رودخانه های خضرآباد ، خاک خون و ابتدای آلبلاغ .با احداث سدهای سنگی (در اندازه بولدر و کابل) می توان

سرشت فرسایش سنگ	رسوب زایی	نوع سنگ	نوع سنگ در منطقه موردمطالعه
سنگ های حساس در مقابل فرسایش	زیاد	مارن و شیل ، گچ و مارن های انیدریت دار ، گلسنگ های سخت ، ماسه سنگ ها	مارن و شیل (شمال و مرکز)، ماسه سنگ (شمال)، مارن های حاوی گچ و گچ (شمال)، گچ (شمال شرقی)
سنگ های با مقاومت متوسط در مقابل فرسایش	متوسط	سنگ های با سختی متوسط ، سنگ های دگرگونی ، سنگ های آهکی نرم و کنگلومرا	توف (جنوب)، سنگ های آهکی حاوی نومولیت (جنوب)، کنگلومرا (شمال و جنوب) ، افیولیت ملانژ(جنوب)
سنگ های مقاوم در مقابل فرسایش	کم	واحد های سخت و فشرده	گابرو ،میکروگابرو، میکرو دیوریت (جنوب)

جدول ۲ : حساسیت سنگ ها در مقابل فرسایش (علیزاده ، ۱۳۷۸) و مطابقت آن با واحد های سنگی منطقه مورد مطالعه

آبگیرهایی تعبیه نمود که سبب ته نشست رسوب شده و با ایجاد کانالهایی جهت آبیاری زمینهای کشاورزی از آب آن بهره مند شد .

۲-۳- روش ایجاد گالی متصل در کانالهای با طول کم و کف بستر نرم همانند آبراهه های فرعی جنوب خاوری و آبراهه هایی که وارد رودخانه سنگرد می گردند . در این طرح با کاهش شیب کف بستر می توان افت انرژی در جریانهای موجود ایجاد کرد و از حمل رسوب جلوگیری نمود (شکل ۷b) (Heade 1995)



شکل ۷- روشهای تغییر شرایط هیدرولیکی کانالها جهت جلوگیری از تولید و انتقال رسوب در منطقه سنگرد

۲-٤- روش گالی منفصل جهت کاهش میزان رسوب حمل شده و انرژی جریان در ابتدای رودخانه های شاه یک ، دنجان ، خرگوش ، غلام بیک و آبراهه های فرعی رودخانه سنگرد که دارای بستری با لیتولوژی های مختلف است . در این روش کاهش شیب کف بستر مورد نظر می باشد اما لازم است تا گالیهای کوچکتری که در ابتدای هر کدام چاله های رسوبگیر احداث می گردد ، ایجاد نمود (شکل ۷c) (Heade 1985) .

۲-۵- روش پله و استخر در کانالهای با شیب متوسط (٤ ٪ تا ۳/۵ ٪) که بستر آنها جهت حفر گالی مناسب نیست نظیر کانالهای فرعی ملحق شده به خضرآباد و سنگرد . در این طرح با ایجاد پلکانی توسط ذرات در اندازه بولدر و کابل می توان از انرژی کاسته و از فرسایش کف بستر با شیب زیاد جلوگیری نمود (شکل ۷d) (Whitlhaker and Jacggi 1982) .

۲-٦- روش ایجاد ماندر مصنوعی در کانالهای با شیب کم (۱ تا ۲ درصد) و عرض زیاد نظیر خضر آباد ، ابتدای آلبلاغ ، خاک خون و ابتدای سنگرد . در این طرح با استفاده از قطعات سنگ در اندازه بولدر و کابل ، سدهای مصنوعی ایجاد نموده که در نهایت کانال به شکل مآندری در خواهد آمد . با عبور جریان انرژی آن کاهش یافته و بار رسوبی آن در بخش های پوینت با ر بر جای گذاشته می شود (شکل ۷c) .

نتیجه گیری

حوضه آبریز سنگرد در بخش مرکزی استان خراسان از سه زیر حوضه باختری ، جنوبی و خاوری به وسعت ۱۲۳۰ کیلومتر مربع تشکیل شده است. این حوضه توسط رودخانه هایی با بار بستر ماسه ای گراولی با کانال منفرد تغذیه می گردند . مطالعات رسوب شناسی نشان داده است که رودخانه خاک خون در زیر حوضه باختری در افزایش بار معلق رودخانه سنگرد نقش عمده ای دارد . همچنین افزایش دبی رودخانه آلبلاغ و عبور از واحد های کنگلومرایی پالئوژن منجر به افزایش رسوبات دانه درشت در پائین دست شده است . رخساره های سنگی St, Gh, Gp و Sh در توالی رسوبی انتهای آلبلاغ نیز مؤید این امر است . به دلیل زیاد بودن شیب رودخانه ها در زیر حوضه جنوبی ، این زیر حوضه در افزایش میزان رسوب کال سنگرد نقش عمده ای دارد . در زیر حوضه شرقی به دلیل عبور رودخانه خضر آباد از سازندهای مارنی و شیلی ، رسوبات ماسه ای و گلی فراوانی وارد کانال سنگرد می گردد . کانال رودخانه سنگرد کوتاهترین کانال بوده و با وجودیکه رسوبات زیادی به این کانال وارد می شود ولی بر اثر شسته شدن ، فقط گراول ماسه ای باقی مانده است . رخساره های شناخته

شده به طورعمده Gh, Sh و ندرتا Fm است . در محل تشکیل دریاچه وجود واحدهای کنگلومرایی ، ماسه سنگی و مارنی الیگوسن و کاهش انرژی باعث شده تا بر اثر فرسایش ، رسوبات ماسه ای گلی (mS) فراوانی حاصل گردد . در نتیجه میزان گراول کاملا کاهش یافته و به طور عمده رسوبات در اندازه ماسه و گل ته نشین شده است . بنابراین رسوبات از نوع ماسه گلی گراولی (gmS) می باشد . رخساره های Sh و Sr با ستبرای زیاد در این محدوده گسترش دارند .

با توجه به تاثیر عواملی نظیر پستی و بلندی منطقه ، واحد های سنگی موجود هیدرولیک کانالها و بارندگی های فصلی شدید ، سالیانه به میزان ۳۷۱۰۰۰ متر مکعب رسوب در این حوضه آبریز تولید می گردد . با توجه به اینکه این موضوع به تدریج باعث کاهش عمر مفید مخزن سد در حال احداث سنگرد می گردد لذا جهت پیشگیری از رسوب زایی و حمل آن اجرای طرح های گوناگونی از جمله طرح محافظت خاک ، تغییر شرایط هیدرولیکی کانال ها (روش ایجاد کانال فرعی ، ایجاد سد و کانالهای کنترل کننده ، ایجاد گالی ، روش پله و استخر و ایجاد مآندر مصنوعی) در طول کانالهای حائز شرایط ضروری به نظر می رسد .

کتابنگاری

افتخار نژاد ، ج و بهروزی ، ا. ، ۱۹۷٦ - نقشه زمین شناسی چهارگوش کاشمر ، ۱:۲۵۰۰۰۰ ، سازمان زمین شناسی و اکتشاف مواد معدنی ایران

درویش زاده ، ع. ، ۱۳۷۰ - زمین شناسی ایران ، انتشارات دانش امروز، ۹۰۱ ص.

سازمان آب منطقه ای خراسان ، ۱۳۷٤ - گزارش زمین شناسی منطقه سنگرد، ۹۳ ص

علیزاده ، ا.، ۱۳۷۸ ، اصول هیدرولوژی کاربردی (چاپ یازدهم) ، انتشارات آستان قدس رضوی ، شماره ۳۵ ، ٦۲۲ص.

نادری میقان ، ن. و اکرمی و م . ،۱۳۷۸ ، نقشه زمین شناسی چهارگوش شامکان ، ۱۰۰۰۰۰ :۱سازمان زمین شناسی و اکتشاف معدنی کشور .

نبوی ،م.ح.، ۱۳۵۵ ، دیباچه ای بر زمین شناسی ایران ، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشاف معدنی کشور ، ۱۰۹ص .

References

Blair, T.C., and Mcpherson,I.G., 1999- Grain size and textural classification of coarse sedimentary partcles, Journal of Sedimentary Reaserch, V.69A, P.6-19.

Church, M., 1985- Bed load in gravel-bed rivers, observed phenomena and implications for computation, proceeding og the Annual Meeting of the Canadian, Society for Civil Engineering, Saskatoon, 1985, 2:17-37.

Folk, R.L., 1980- Petrology of Sedimentary Rocks, Hemphill Publishing Co., Austin, Texas, 182P.

Friedman, G.M. and Johnson, K., 1982- Exercieses in Sedimentology, John Wiley and Sons, Inc., NewYork, 208P.

Heede, B.H., 1985- Interactions between stream-side vegetation and stream dynamics, In Riparian Ecosystem and Management: Reconciling conflicting uses, proceedings, General Technical Report RM-120, Rocky Mountain Forest and range Exprement Station, Forest Service, USDA, Ft.Collins, Co, pp.54-58.

Head, K. K., 1987- Manual of Soil Laboratory Testing (second edition), NewYork, 430P.

Lewis, D.W., and McConchie, D., 1994 - Analytical Sedimentology, Chapman and Hall, London, 197P.

Miall, A D. , 1996- The Geology of Fluvial Deposits Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology, Springer – Verlag, Berlin, 582 P.

Schwab, G., 1981- Soil and Water Conservation Engineering, John Wiely, NewYork.

Whitthaker, JG. and Jaeggi, MNR., 1982- Origin of step-pool systems in mountain streams, American Society of Civil Engineering Proceeding, Journal of Hydraulics Division, 108:758-773.

* دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم ، گروه زمین شناسی

** دانشگاه آزاد اسلامی – واحد تهران شمال گروه زمین شناسی

*** دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد گروه زمین شناسی

* Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad

**Department of Geology, Islamic Azad University, North Tehran Branch

***Department of Geology, Islamic Azad University, Mashhad Branch