سال هفتم، شماره ۲، ۱۳۹۹، صفحات ۶۳ تا ۷۲
نشریه آب و توسعه پایدار

2020, Vol.7, No.2, Pages 63 to 72
Journal of Water and Sustainable Development

نوع مقاله: کاربردی/مطالعه موردی

Article Type: Applied/Case Study

بررسی اثرات مخرب و راهکارهای محیط‌زیستی برداشت شن و ماسه از رودخانه نازلوچای ارومیه

سجاد چهره‌قانی[۱*]، حجت حسین‌زاده قره‌قشلاق[۲]، علیرضا عابدی[۳]

۱ و ۳- به‌ترتیب استادیار و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی، معدن دانشگاه ارومیه. ۲- استادیار گروه مهندسی معدن، دانشکده محیط زیست، دانشگاه صنعتی ارومیه.

*(نویسنده مسئول، Email: s.chehreghani@urmia.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۸/۱۲
تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۲/۱۹

Investigation of Destructive Effects and Environmental Solutions of Sand and Gravel Extraction from Urmia Nazlouchay River

S. Chehreghani[1*], H. Hosseinzadeh gharehgheshlagh[2], A. Abedi[3]

1,3- Assistant professor & MSc. Graduate, Department of Mining Engineering, Urmia University, Iran. 2- Assistant professor, Mining Engineering Department, Faculty of Environment, Urmia University of Technology, Iran.

*(Corresponding Author Email: s.chehreghani@urmia.ac.ir)

Received: 03-11-2019
Accepted: 09-03-2020

چکیده

برداشت بی‌رویه شن و ماسه از بستر رودخانه‌ها مشکلات محیط‌زیستی فراوانی به همراه دارد. در این مقاله پیامدهای مخرب محیط‌زیستی برداشت بی‌رویه شن و ماسه از بستر رودخانه نازلوچای بررسی شده است. مطالعه کیفی و آنالیز فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه نازلو چای در دو ایستگاه نمونه‌برداری، نشان‌دهنده تأثیر منفی فعالیت کارگاه‌های شن و ماسه است. به‌طوری‌که با افزایش میزان ذرات معلق از ۲۰ به ۹۸ میلی‌گرم در لیتر، میزان ذرات جامد معلق افزایش ۵ برابری داشته و به تبع آن کدری آب در ایستگاه دوم ۱۴ برابر شده است. کدری بیش از حد آب رودخانه نازلوچای و ته‌نشست لای و لجن در طبقات زیرین و همچنین ناپایداری بستر رودخانه در اثر برداشت شن و ماسه سبب شده است، جمعیت گیاهان آبزی نظیر جلبک‌ها و ماکروفیت‌ها به شدت کاهش یافته و حتی به مرز نابودی برسد. از دیگر پیامدهای محیط‌زیستی کاهش کیفیت تفریحی، ورزشی، توریستی چشم‌انداز رودخانه نازلوچای، فرسایش بستر و ساحل رودخانه و بسیاری از عوامل دیگر را می‌توان نام برد. در حال حاضر کارخانه ماسه‌شویی آب‌بند نازلو چای با ۱۸۰۰ تن خوراک روزانه و مصرف بیش از ۱۶۵۰ مترمکعب آب تازه، حدود ۱۵۰۰ تن شن و ماسه دانه‌بندی شده تولید می‌کند. پساب این کارخانه ماسه‌شویی با درصد جامد حدود ۱۰-۱۵ درصد در محل یکی از گودهای برداشت مصالح به‌عنوان سد باطله و رسوب‌گیر تخلیه می‌شود. در صورت استفاده این کارخانه از سیستم تیکنر برای آبگیری پساب و استفاده مجدد از آب برگشتی، درصد جامد پساب خروجی حدود ۴۵ درصد و میزان آب مصرفی آن حدود ۴۵۰ متر مکعب خواهد بود که به ۲۷ درصد وضعیت مصرف فعلی کاهش می‌یابد. همچنین اگر سیستم باطله خمیری در این کارخانه به‌کار گرفته شود، مقدار مصرف آب تنها حدود ۲۲۰ مترمکعب در روز خواهد بود که فقط ۱۳ درصد مصرف کنونی است.

واژه‌های کلیدی: شن و ماسه، محیط‌زیست، نازلوچای، تیکنر، باطله خمیری.

Abstract

Excessive extraction of sand and gravel from the riverbeds entails many environmental problems. In this paper, the destructive environmental consequences of inordinate extraction of sand and gravel from the bed of the Nazlouchay river is investigated. Qualitative study and physical and chemical analysis of water of the Nazlouchay river at two sampling stations indicate the negative effect of sand and gravel mining activities, so that by increasing the amount of suspended particles from 20 to 98 milligrams per liter, the amount of total solid suspended particles is quintupled, and consequently, the water turbidity in the second station has increased 14 times. Excessive turbidity of the water of the Nazlouchay river and sedimentation of sludge in the lower bed as well as the instability of the riverbed due to sand and gravel extraction has caused the population of aquatic plants such as algae and macrophytes decrease sharply. even reach the brink of extinction. Other environmental consequences include: reduced quality of recreational, sportive, touristic landscape of the Nazlouchay river, bed erosion and river shore, and many other factors. Nowadays, the sand washing plant of the Nazlouchay with 1,800 tons of daily feed consumes more than 1,650 cubic meters of fresh water, and produces about 1,500 tons of screened sand and gravel. The wastewater of this sand washing plant with a solid content of about 10-15% is discharged into one of the extraction points site of the material as a tailings pond and sediment barrier. If the plant uses a Thickener system for water recycling by dewatering of its wastewater, the solid content of the waste output will be around 45% and the water consumption will be about 450 cubic meters, which will decrease to 27% of current water consumption. Also, if the paste tailing system is used in this plant, the water consumption will be only about 220 cubic meters per day, which is only 13% of current water consumption.

Keywords: Sand and Gravel, Environment, Nazlouchay, Thickener, Paste Tailing.

DOI: 10.22067/jwsd.v7i2.84059

مقدمه

مصالح خرده‌سنگی که اصطلاحاً به آن شن و ماسه گفته می‌شود، پرمصرف‌ترین مصالح ساختمانی هستند. پیشرفت تمدن بشری در امر احداث سازه، نیاز بشر به شن و ماسه را افزایش داده است. امروزه آبرفت‌های رودخانه‌ای یکی از اصلی‌ترین منابع تامین شن و ماسه هستند، اما کمبود منابع رودخانه‌ای مناسب و اثرات مخرب محیط‌زیستی که استخراج این‌گونه منابع به همراه دارند، سبب شده در اکثر نقاط و به‌خصوص مناطقی که با مشکل کمبود و حفظ منابع آب مواجه هستند، تولید مصالح کوهی مورد توجه قرار گیرد. برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه بسته به حجم برداشت و روش آن، موجب تغییرات مورفولوژی، هیدرولیکی، محیط‌زیستی و اقتصادی می‌شود. دامنه این تغییرات فقط محدود به محل استخراج نیست بلکه گاهی تا کیلومترها دورتر از محل برداشت، آثار مخرب آن مشاهده می‌شود. برداشت شن و ماسه موجب حفر عمیق بستر رودخانه‌ها، افزایش رسوبات معلق و کدر شدن آب شده، همچنین روی گیاهان آبزی، موجودات کف‌زی، جلبک‌های بستر و ماهیان رودخانه‌ها تاثیر می‌گذارد. برداشت مصالح رودخانه‌ای موجب ایجاد حفره‌هایی در بستر شده و به‌هم ریختن تعادل رسوبات رودخانه، سبب می‌شود، ظرفیت حمل رودخانه در پایین‌دست گودال بیشتر شده و موجبات کف‌کنی آن را فراهم می‌کند. پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهند برداشت شن و ماسه به میزان چند برابر بیش‌تر از ذخیره‌سازی طبیعی یک رودخانه، می‌تواند اثرات جدی داخلی و خارجی بر روی رودخانه داشته باشد و در نهایت منجر به تغییر شکل مسیر عبور آب، زیستگاه‌های فیزیکی و شبکه‌های غذایی می‌شود (معروفی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۲).

Kondolf و همکاران (۲۰۰۲) با مطالعه تاثیر برداشت شن و ماسه بر رژیم جریان و انتقال بار رسوبی در مناطق مختلف جهان به این نتیجه رسیدند که برداشت شن و ماسه و ایجاد چاله‌هایی به‌منظور برداشت، نه تنها باعث افزایش قدرت حمل رسوب در پایین‌دست و افزایش انتقال رسوبات بستری شده بلکه باعث گسترش چاله‌های برداشت به سمت بالادست نیز شده است.

Jia و همکاران (۲۰۰۷) با مطالعه بروی رودخانه دونگ-جیانگ در چین نشان دادند، برداشت مقادیر زیادی شن و ماسه رودخانه‌ای (۳۲/۳ میلیارد متر مکعب طی سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۲) موجب تغییرات قابل توجهی در افزایش ظرفیت کانال، پایین رفتن میانگین سطح بستر کانال، افزایش عمق جریان آب، کاهش شیب طولی بستر رودخانه، سیر تکاملی و روند تغییر شکل کانال، حرکات جزر و مدی در بازه‌های پایین‌دست و دلتای رودخانه و همچنین پدیده تداخل آب شور و شیرین به سمت بالادست رودخانه شده است (Jiaو همکاران، ۲۰۰۷).

Sreebhaو Padmalal (۲۰۱۱)، اثرات ناشی از برداشت شن و ماسه سه رودخانه مهم در جنوب غربی هند را با استفاده از روش ماتریس ساده ارزیابی اثرات محیط‌زیستی در سه محیط فیزیکی، بیولوژکی و اجتماعی بررسی کردند و راهکارهایی برای کاهش اثرات ارائه دادند .

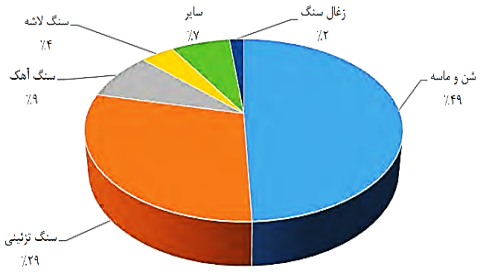
Gavriletea(۲۰۱۷) محدودیت ذخایر شن و ماسه، استخراج غیرقانونی و همچنین اثرات زیست‌محیطی آنها برروی تخریب رودخانه‌ها را بررسی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد تخریب رودخانه‌ها، از دست دادن تنوع زیستی و فرسایش خاک از جمله آثار منفی استخراج شن وماسه از بستر رودخانه‌ها می‌باشد .

در ایران صادقی و خالدی درویشان (۱۳۸۵) با مطالعه برروی رودخانه واز در استان مازندران نشان دادند برداشت شن و ماسه سبب افزایش توان حمل رسوب رودخانه مذکور شده است. این افزایش، از طریق تغییر در دانه‌بندی رسوبات و به‌ویژه بالابردن غلظت رسوبات معلق و در نتیجه افزایش انرژی جریان آب اتفاق افتاده است .

جباری و فرضی (۱۳۸۸) پس از بررسی تاثیر برداشت شن و ماسه بر پویایی حمل رسوب و شکل بستر رودخانه رازآور کرمانشاه اعلام نمودند، در محل برداشت مصالح، مقدارغلظت بار معلق به شدت افزایش یافته ولی به تدریج از مقدار غلظت آن کاسته شده و بعد از فاصله تقریباً ۶۰۰ متری از محل برداشت، به حالت سابق خود برگشته است .

حسین‌زاده و همکاران (۱۳۹۷) در بررسی اثرات نامطلوب برداشت شن و ماسه بر سیستم رودخانه شیرود تنکابن با انتخاب ۸ سایت نمونه‌گیری آب در طول رودخانه و در دو زمان کم‌آبی و پرآبی، پارامترهای کیفیت آب شامل دما، ، PH،TSS TDS و هدایت الکتریکی)EC کدورت و سختی) را بررسی کردند. آن‌ها گزارش کردند مقادیر هیچکدام از این متغیرها بیش از مقدار استاندارد نبود و رودخانه در شرایط نرمال قرار دارد. مهمترین پیامد ژئومورفولوژیک این برداشت‌ها، پایین رفتن و افت بستر رودخانه و احتمال ناپایداری کانال شیرود در طی سیلاب‌های زمستانه بوده است .

نتایج حاصل از اطلاعات محیط‌زیستی طرح آمارگیری از معادن در حال بهره‌برداری کشور در سال ۱۳۹۴ مطابق شکل (۱) نشان می‌دهد از تعداد ۴۹۱۳ معدن در حال بهره‌برداری تعداد ۱۲۵۳ معدن (۲۵/۵ درصد) دارای پساب است. از این تعداد، معادن استخراج شن و ماسه، سنگ تزئینی و سنگ آهك به‌ترتیب ۴۹۵، ۳۳۷ و ۲۲۲ بود که بیشترین معادن دارای پساب به‌شمار می‌روند. (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۴).



شکل ۱- توزیع فراوانی معادن در حال بهره‌برداری دارای پساب بر حسب نوع فعالیت (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵)

توزیع استانی معادن، نشان می‌دهد استان آذربایجان غربی اگرچه از نظر حجم تولید فاضلاب معدنی در رتبه ۱۵ کشوری قرا دارد، اما فراوانی معادن شن و ماسه سبب شده است این استان با داشتن ۹۲ معدن تولیدکننده پساب بعد از استان‌های اصفهان، کرمان و خراسان جنوبی و فارس در رتبه پنجم کشوری در تعداد معادن دارای پساب قرار گیرد. در این مقاله اثرات مخرب برداشت غیراصولی شن و ماسه از بستر رودخانه نازلو چای ارومیه مطالعه و راهکارهایی برای جلوگیری از عوامل مخرب محیط‌زیستی ارائه شده است.

- رودخانه نازلوچای:

رودخانه نازلوچای در ضلع شمالی شهرستان ارومیه و غرب دریاچه ارومیه واقع شده است. این رودخانه از آب‌های خط‌الرأس بلندی‌های مرز ترکیه و ایران سرچشمه می‌گیرد. رودخانه نازلوچای از حوضه‌های آبریز مهم دریاچه ارومیه است و مساحت کل حوضه آبریز آن ۱۹۸۰ کیلومتر مربع است. شاخه اصلی رودخانه پس از عبور از دشت ارومیه و روستاهای واقع در این دشت که در جوار رودخانه قرار دارند به دریاچه می‌پیوندد. بلندترین نقطه این حوضه آبریز در کشور ترکیه واقع شده که ۳۷۸۱ متر ارتفاع دارد، ارتفاع از غرب به شرق حوضه آبریز کاسته شده و شیب عمومی حوضه از غرب (ارتفاعات) به شرق (دشت) کاهش می‌یابد. شکل (۲) موقعیت رودخانه نازلو چای در استان آذربایجان غربی را نشان می‌دهد. منابع عمده آلوده کننده رودخانه نازلوچای عبارتند از: پساب‌های‌کشاورزی، پساب کارگاه‌های ماسه‌شویی، فاضلاب‌های صنعتی، فاضلاب‌های خانگی و روستایی که پساب‌های کشاورزی و کارگاه‌های ماسه‌شویی اصلی‌ترین منابع آلودکننده هستند (برهانی‌داریان و فاتحی، ۱۳۸۷).

شکل ۲- موقعیت حوزه آبریز نازلوچای در شمال غرب ایران (برهانی‌داریان، ۱۳۸۷)

اثرات مخرب محیط‌زیستی برداشت شن و ماسه از رودخانه نازلوچای

-کاهش کیفیت تفریحی، ورزشی، توریستی چشم‌انداز رودخانه:

جریان آب موجود در رودخانه و پوشش گیاهی مناسب در مجاور، فرسایش‌های ایجاد شده در طول مدت‌های بسیار طولانی که سبب ایجاد مناظر زیبا شده، وجود جانوران آبزی و بسیاری از عوامل دیگر باعث ایجاد جاذبه‌های توریستی و ایجاد مکان‌های ورزشی و تفریحی در محدوده اطراف نازلو چای بوده است. در سال‌های اخیر به‌دلیل برداشت بی‌رویه شن و ماسه از بخش‌های مختلف منطقه مورد مطالعه تقریباً درصد بالایی از منطقه جاذبه‌های توریستی خود را از دست داده است (شکل ۳). همچنین در شکل (۴) گودبرداری‌های وسیع و نابودی باغات مجاور رودخانه به‌دلیل برداشت مصالح رودخانه‌ایی به وضوح نشان داده شده است.

شکل ۳- کاهش کیفیت تفریحی، توریستی چشم انداز رودخانه. الف) منطقه گردشگری محدوده آب بند نازلو پیش از فعالیت کارگاه‌های شن و ماسه ب) تخریب تفرجگاه بر اثر فعالیت کارگاه ماسه‌شویی

شکل ۴- تصاویر مربوط به گودهای حاصل از برداشت مصالح رودخانه‌ای در باغات مجاور رودخانه (Google Earth)

-کاهش کیفیت آب:

برداشت رسوبات آبرفتی و بهره‌برداری بی‌رویه از بستر رودخانه نازلوچای ضمن بالا رفتن سطح اثرات زیان‌بار آلودگی مکانیکی، موجب تغییرات مورفودینامیکی در منطقه برداشت می‌شود. بروز این تغییرات در اکولوژی رودخانه سبب دگرگونی در ترکیب و تعادل جمعیت زیستی رودخانه شده و در نتیجه باروری و کارکرد اکوسیستم و رژیم رودخانه را به شدت کاهش می‌دهد. باتوجه‌به بررسی‌های انجام شده، بهره‌برداری و برداشت بی‌رویه شن و ماسه از بستر رودخانه نازلوچای باعث اختلال شدید در تعادل بیولوژیک و اکولوژیک رودخانه می‌شود. این اقدام به دلیل عمیق‌ترسازی بستر و تشدید فرسایش در حاشیه رودخانه و افزایش بار محیط‌زیست با مواد رسوبی معلق (TSS)[1] در نتیجه تخلیه آب مورد استفاده در شست‌وشوی شن و ماسه و همین‌طور عملیات بهره‌برداری از شن و ماسه در رودخانه، سه اثر بنیادی تغییرات در کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه، تغییر در الگوی جریان طبیعی آب و در نتیجه تغییر و دگرگونی در مقطع طولی و عرضی رودخانه دارد. (معروفی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۱).

برای مطالعه کیفی و آنالیز فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه نازلو چای در تحقیقی که توسط معروفی‌نیا و همکاران (۱۳۹۱) صورت گرفته است، دو ایستگاه در نقاطی که بیشترین تفاوت محیطی را نسبت به هم داشتند، انتخاب شده است. ایستگاه اول بعد از خروجی آب رودخانه از سد نازلو انتخاب شده است که به‌دلیل عدم وجود هیچ‌گونه کانون آلودگی و کارگاه ماسه‌شویی بیانگر کیفیت آب رودخانه نازلوچای در شرایط طبیعی است. ایستگاه دوم در پایین‌دست محدوده کارگاه‌های شن و ماسه واقع شده و نشان‌دهنده تأثیر منفی فعالیت این کارگاه‌ها است. نتایج حاصل از نمونه‌برداری ایستگاه‌های تعیین شده در جدول (۱) نشان داده شده است.

-افت کیفیت آب و آثار آن بر آبزیان:

استخراج شن و ماسه از بستر رودخانه منجر به تولید مقدار زیادی ذرات ریز و معلق در رودخانه می‌شود. هنگام استخراج و شست‌وشوی شن و ماسه حتی اگر تمام اقدامات پیش‌گیرنده انجام شود باز هم مقادیری از مواد ریز در رسوبات استخراج شده باقی می‌ماند که در صورت تخلیه به داخل رودخانه آن را آلوده می‌کند. شکل (۵) گل‌آلود شدن آب رودخانه بر اثر فعالیت کارگاه‌های اطراف رودخانه را نشان می‌دهد. تحقیقات نشان داده است که به‌ازای هر تن مواد برداشت شده از بستر رودخانه، ۲۰۰ کیلوگرم ذرات رسوبی به رودخانه وارد می‌شود (معروفی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۱). طبق جدول (۱)، کدری آب ایستگاه‌های اول و دوم تفاوت قابل توجهی دارند. این تفاوت عمدتا ناشی از فعالیت کارگاه شن و ماسه در این منطقه است. در اثر استخراج شن و ماسه در ایستگاه دوم، کدری آب ۱۴ برابر شده است. از آنجایی‌که کدری عمدتا به علت وجود ذرات معلق است، افزایش میزان ذرات معلق قابل پیش‌بینی است.

شکل ۵- تعلیق مواد رسوبی و گل‌آلودشدن آب رودخانه بر اثر فعالیت کارگاه‌های اطراف رودخانه

باتوجه‌به جدول (۱)، غلظت ذرات معلق در ایستگاه دوم ۵ برابر شده است. برداشت شن و ماسه علاوه‌بر افت مستقیم کیفیت زیستگاه و افزایش کدورت جریان ممکن است به‌طور موقت نفوذ نور را در ستون آب کاهش دهد و از آنجایی‌که بیشترین فعالیت‌های برداشت در طول روز صورت می‌گیرد، به‌طور مستقیم شدت فتوسنتز گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد. مشکل بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک، تنها کم آبی نبوده بلکه عدم وجود کیفیت مناسب آب‌های موجود نیز مطرح است. حتی اگر غلظت مواد موجود در آب کم باشد، اما نقش زیادی در وضعیت استفاده از آن برای آشامیدن،

کشاورزی و صنعت دارد. کدری بیش از حد آب رودخانه نازلوچای و ته‌نشست لای و لجن در طبقات زیرین و همچنین ناپایداری بستر رودخانه در اثر برداشت شن و ماسه سبب شده است تا جمعیت گیاهان آبزی نظیر جلبک‌ها و ماکروفیت‌ها در ایستگاه دوم به شدت کاهش یافته و حتی به مرز نابودی برسد. به‌طوری‌که تراکم جمعیت دیاتومه‌ها در ایستگاه دوم تا حدود ۹۵ درصد نسبت به ایستگاه اول کاهش داشته است. همچنین تأثیر منفی رسوبات معلق با مسدودکردن آبشش ماهیان بروز می‌کند. بررسی‌ها نشان داده است از سه گونه ماهی شناسایی شده در ایستگاه اول و بالادست واحدهای شن و ماسه، هیچ یک از این گونه‌ها در ایستگاه دو و پایین‌دست کارگاه‌های ماسه‌شویی شناسایی نشده است. برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه ضمن وادارکردن ماهیان به مهاجرت به بالادست رودخانه، عملاً با فرسایش بستر رودخانه، محل تخم‌ریزی ماهیان را از بین برده و تاثیر زیان‌باری بر تولید مثل جمعیت ماهیان داشته است (معروفی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۲).

جدول ۱- مقادیر متوسط پارامترهای فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده رودخانه نازلوچای (معروفی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۲).

ایستگاه	مشخصات جغرافیایی		PH	Cond	Turb	Temp	DO	TDS	TSS	COD	BOD
	N	E		ms/cm	JTU	°C	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
اول	۳۷° ۴۰/۵۱۰'	۴۴° ۵۴/۴۰۹	۸/۰۳	۰/۴۸۹	۳۵	۸/۵	۷/۸۹	۵۰۰	۲۰	۴	۱
دوم	۳۷° ۰۳/۰۳۵	۴۵° ۴۰/۵۱۰'	۸/۱۰	۰/۵۰۶	۵۰۶	۱۱	۶/۷۵	۵۲۰	۹۸	۱۶/۷	۳

-فرسایش بستر و ساحل رودخانه:

برداشت مصالح از رودخانه‌ها عموماً موجب ایجاد حفره‌ها و حوضچه‌های بزرگ در مسیر جریان رودخانه می‌شود و با افزایش عمق جریان ورودی و کاهش سریع سرعت آن، بخشی از رسوبات در حال حمل در این حوضچه‌ها رسوب می‌کند، این امر موجب به‌هم خوردن تعادل و توازن عمومی رودخانه گشته و پارامترهای مختلف هیدرولیکی آن مانند عمق جریان، شیب بستر و بار رسوبی جریان دستخوش تغییر خواهد شد. اثرات برداشت شن و ماسه بر نیمرخ طولی بستر رودخانه، مورفولوژی و محیط‌زیست در شکل (۶) کاملا مشهود است و همچنین اثرات زیست‌تخریبی بر اجتماعات گیاهی و جانوری، پل‌ها، تاسیسات آبی حاشیه‌ای نیز در معرض خطر قرار گرفته و به‌ویژه در مواقع سیلاب بر اثر تغییرات هیدرولیکی و مورفولوژیکی این مسئله نمود بیشتری پیدا می‌کند.

شکل ۶- فرسایش کناری در بستر رودخانه

راهکارهایی برای جلوگیری از عوارض مخرب محیط‌زیستی معادن شن و ماسه

-جایگزینی مصالح رود خانه‌ای با شن و ماسه کوهی:

اگر برداشت شن و ماسه تحت اصول فنی مناسب و مدیریت صحیح صورت گیرد، نه تنها تبعات منفی آن در بستر رودخانه به حداقل می‌رسد، بلکه به‌عنوان مثال با برداشت جزایر رسوبی در مسیر جریان، عملکرد رودخانه و پایداری آن نیز افزایش می‌یابد. متاسفانه در حال حاضر خسارات و تبعات منفی برداشت مصالح از بستر و حریم رودخانه‌ها بیش از منافع آن می‌باشد. طی دو دهه گذشته در اکثر رودخانه‌ها و مناطق مختلف کشور تخریب پل‌ها، از کار افتادن دهانه‌های آبگیرها (به‌دلیل پایین افتادن بستر رودخانه‌ها) و انواع خسارات محیط‌زیستی ناشی از برداشت غیر اصولی و بی‌رویه شن و ماسه از رودخانه‌ها اتفاق افتاده است.. بررسی نظام بهره‌برداری مصالح شن و ماسه از رودخانه‌ها نشان‌دهنده وجود مشکلات متعدد از نظر دستگاه متولی، مسائل مالی و حقوقی و از دیدگاه فنی می‌باشد. در طی سال‌های گذشته در بسیاری از استان‌های کشور همچون گلستان، خوزستان، مازندران و به تازگی خراسان رضوی برداشت مصالح از بستر رودخانه‌ها و زمین‌های مجاور آن ممنوع شده است. باتوجه‌به نیاز جوامع در حال توسعه به این مصالح کلیدی، این امر در شرایط فعلی و باتوجه‌به طرح‌های عمرانی متعدد در کشور امکان‌پذیر نیست و لذا معرفی منابع جدید تامین مصالح شن و ماسه و ارائه راهکارهایی برای کاهش عوارض محیط‌زیستی

معادن رودخانه‌ای موجود از ضروری است. خصوصیات منحصربه‌فرد مصالح کوهی یا شکسته از جمله نوع مصالح، یکنواخت بودن سنگدانه‌های تولیدی از لحاظ جنس، سن، دوام و مقاومت آن‌ها باعث شده هم‌اکنون در برخی از پروژه‌ها همچون بخش‌های خاصی از راه‌سازی، تولید بالاست و غیره از این مصالح استفاده شود. علاوه‌برآن این مصالح معمولاً فاقد مواد خارجی و مواد آلی می‌باشند، کیفیت بهتری دارند. جایگزینی معادن شن و ماسه رودخانه‌ای با شن و ماسه کوهی باتوجه‌به مزایایی مانند ایجاد فرصت جهت بازسازی طبیعی رودخانه‌ها، به حداقل رساندن مخاطرات و مسائل و مشکلات فعلی موجود، در جلوگیری از برداشت بی‌رویه از رودخانه‌ها، جلوگیری و کاهش اثرات ناشی از حوادث غیر مترقبه در روستاهای حاشیه رودخانه می‌تواند راهکار موثری در کاهش عوارض مخرب محیط‌زیستی معادن شن و ماسه باشد. لازم به ذکر است رعایت اصول و الزامات محیط‌زیستی در توسعه این دست از معادن ضروری است.

-بازیابی آب و کاهش عوارض ناشی از پساب در کارگاه‌های ماسه‌شویی:

گزینه‌های متعددی جهت طراحی سامانه جمع‌آوری و بازیابی پساب‌های صنعتی و جلوگیری از خطرات زیست‌محیطی آن‌ها قابل طرح و بررسی است. این گزینه‌ها که هر کدام ویژگی‌های فنی و اقتصادی متعددی دارند، به دو گروه عمده قابل تقسیم‌بندی است. گروه نخست گزینه‌های مبتنی بر روش‌های سنتی مانند سد باطله را شامل می‌شود و گروه دوم شامل گزینه‌هایی است که شیوه‌های مدرن دفع پساب‌های صنعتی در آنها مد نظر قرار می‌گیرد.

-گزینه‌های مبتنی بر رهیافت‌های سنتی:

در این گزینه‌ها ساخت سد باطله اجتناب ناپذیر بوده و این سازه‌های پرهزینه جزو ارکان اصلی سامانه جمع‌آوری و دفع پسماند خواهند بود. سد باطله سدی است از نوع خاکریز و برای نگهداری پسماند دوغابی کارخانه‌ها ساخته می‌شود. سدهای باطله به سدهای رسوب‌گیر معروف هستند و برای دو هدف در نظر گرفته می‌شود: الف) ذخیره کردن دوغاب باطله، ب) تأمین ذخیره موقت آب. این ذخیره پس از آن‌که به مقدار کافی تصفیه و زلال شد، به رودخانه ریخته می‌شود و یا آنکه مجدداً به کارخانه برمی‌گردد (Cincilla و همکاران، ۱۹۹۸).

انتخاب محل سد باطله ملاحظات فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی ویژه‌ای را طلب می‌کند. ایجاد سد باطله به‌خصوص برای کارخانه‌هایی که در نواحی خشک واقع هستند، ضروری است زیرا در این مناطق کمبود آب موجب تعطیلی کارخانه و کاهش تولید خواهد شد (چهره‌قانی و همکاران، ۱۳۹۶). در یکی از معادن شن و ماسه مجاور روخانه نازلوچای، یکی از گودهای حاصل از برداشت مصالح به عنوان سد رسوب‌گیر اختصاص یافته و پساب خروجی کارگاه ماسه‌شویی در آن تخلیه می‌شود (شکل ۷).

شکل ۷- سد رسوب‌گیر پساب کارگاه ماسه شویی نازلوچای

تجمع رسوب به‌دست آمده از طریق سد رسوب‌گیر می‌تواند برای پوشش سطحی گودبرداری‌هایی که در حال بازسازی هستند به‌عنوان لایه خاکی قابل کشت به‌کار گرفته شود. اگرچه استفاده از سد رسوب‌گیر از آلودگی آب در پایین‌دست کارگاه ماسه‌شویی می‌کاهد، اما باتوجه‌به اینکه کل مصرف آب کارگاه ماسه‌شویی از آب تازه رودخانه تامین می‌شود و آب جمع شده در سد رسوب‌گیر برای استفاده مجدد به کارگاه برگردانده نمی‌شود، از منافع سد باطله کاسته می‌شود.

-گزینه‌های مبتنی بر رهیافت‌های نوین:

امروزه با پیشرفت تکنولوژی، سامانه جمع‌آوری و دفع پساب‌های صنعتی دستخوش تحولات اساسی شده و روش‌های نوینی برای مدیریت پساب‌های صنعتی ابداع شده است. راه‌های مختلفی برای جداسازی آب از مواد باطله وجود دارد، استفاده از تغلیظ کننده (تیکنر) یکی از این روش‌ها است، با قرار دادن دوغاب (اسلاری[۲]) در مخازن و ایجاد سکون، ذرات سنگین‌تر ته‌نشین و از کف مخازن خارج می‌شوند. استفاده از مواد منعقدکننده و ایجاد پل بین ذرات کلوئیدی باعث سنگین شدن ذرات همراه اسلاری و ته‌نشینی سریعتر آنها می‌شود. استفاده از این مواد ظرفیت جداسازی آب را افزایش داده و می‌توان اسلاری با دانسیته بین ۴۵ تا ۵۵ درصد مواد جامد از آن به‌دست آورد. در صورت نیاز به درصد مواد جامد بیش از این می‌توان با استفاده از فیلترهای خلا دوار و یا تسمه‌های خلا نسبت به جداسازی مقدار آب بیشتر و ایجاد

خمیر با درصد مواد جامد بالا اقدام نمود. استفاده از سامانه تولید باطله خمیری و کاهش محتوای آب باطله تا بیشینه مقدار ممکن PPSM[۲] یکی از این گزینه‌ها است. ایجاد باطله خمیری با درصد آب کمتر، دانسیته و ویسکوزیته بالا یکی از راه‌های کاهش خطرات احتمالی آلودگی محیط‌زیست و کاستن مشکلات بعدی در مرحله بازسازی و احیا منطقه سد باطله است.

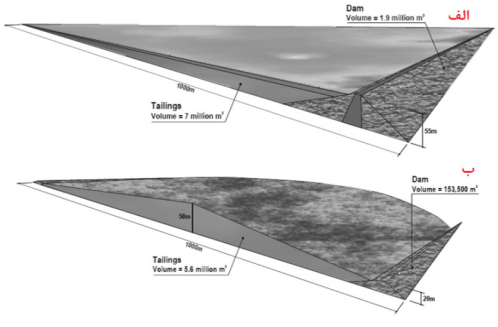
PPSM روش نوینی است که در آن با تغییراتی که در ساختار تیکنر داده می‌شود، ترکیبی از مجموعه تیکنر و فیلتر ایجاد می‌شود (Cincilla و همکاران، ۱۹۹۷). به‌عبارتی سیستم پیشرفته تیکنر است در یک مرحله کار هر دو سیستم تیکنر و فیلتر را انجام می‌دهد و باطله خمیری با دانسیته بالا تولید می‌کند. در این سامانه امکان افزایش میزان ذرات جامد پساب تا حدود ۷۵ درصد به‌راحتی امکان‌پذیر است (حقیر چهره‌قانی و همکاران،۱۳۹۰).

شکل (۸-الف) باطله معمول خروجی از کارخانه‌های فراوری را نشان می‌دهد که به‌صورت اسلاری و با میزان جامد حداکثر تا ۵۵ درصد است .این باطله حالت روان‌آب داشته و بلافاصله بعد از تخلیه، همراه با ته‌نشست ذرات جامد، حجم قابل توجهی از آب را که پتانسیل جریان در سطح یا نفوذ به داخل زمین را دارد، آزاد می‌کند. در کارگاه‌های معمول شن و ماسه از تیکنر استفاده نمی‌شود، درصد جامد پساب بسیار پایین و معمولاً کمتر از ۱۵ درصد جامد است. در شکل (۸-ب) باطله خمیری با میزان جامد تا ۷۵ درصد نشان داده شده است که هیچ تراوش آبی را پس از تخلیه نخواهد داشت و یا میزان آن تا حد قابل توجهی کاهش می‌یابد. از این‌رو خطرات محیط‌زیستی ناشی از آب‌های سطحی و زیرزمینی تا حد زیادی برطرف خواهد شد (حقیر چهره‌قانی و همکاران،۱۳۹۰).

شکل ۸- باطله فرآوری مواد معدنی در دو حالت الف) اسلاری و ب) باطله خمیری Crowder)، ۲۰۰۳)

برخی از مزیت‌های این سامانه به‌شرح زیر است:

الف) کاهش میزان مواد ورودی به حوضچه سد و در نتیجه نیاز به سدی با ظرفیت کمتر، همان‌طور که در شکل (۹) قسمت الف نشان داده شده است، اگر باطله معدن به‌صورت اسلاری معمول باشد، در این مثال مخزن سد باطله باید ۷ میلیون مترمکعب گنجایش مواد را داشته باشد و بدنه سد با مصالحی بالغ بر ۱/۹ میلیون تن و به ارتفاع ۵۵ متر ساخته شود. درحالی‌که با استفاده از تکنولوژی باطله خمیری (قسمت ب شکل ۹)، حجم کلی مواد تخلیه شده در سد باطله از ۷ میلیون مترمکعب به ۵/۶ میلیون مترمکعب کاهش می‌یابد و ارتفاع بدنه سد ۲۰ متر و مصالح مورد نیاز برای ساخت بدنه به اندازه ۱۵۳۵۰۰ مترمکعب خواهد بود.



شکل ۹- مقایسه ابعاد و حجم سد باطله در دو حالت الف) باطله اسلاری و ب) باطله خمیری Crowder)، ۲۰۰۳)

ب) کاهش ظرفیت سد باعث کوتاهتر شدن ارتفاع دیواره سد شده و درنتیجه خطرخرابی و ویرانی سد کاهش می‌یابد.

ج) پس از خاتمه بهره‌برداری و بسته شدن سد، مشکلات بازسازی سد پر شده با باطله خمیری، به‌مراتب کمتر از سد محتوی باطله غیرخمیری خواهد بود.

د) در صورت سمی بودن باطله، چون در باطله خمیری درصد بیشتری از آب همراه با مواد سمی از مواد باطله جدا و به کارخانه برگشت داده می‌شود، خطرات احتمالی و آسیب‌های محیط‌زیستی بعدی بسیار کمتر از باطله‌های پرآب خواهد بود.

ه) هزینه آب‌بند کردن سد به‌علت عدم جدایی آب از فاز جامد باطله، وجود نخواهد داشت.

و) مصرف آب تازه و مواد شیمیایی به‌نحو موثری کاهش می‌یابد.

ز) به‌علت کاهش رطوبت مواد، در سامانه PPSM فشار وارد بر دیواره سد باطله به‌نحو موثری کاهش می‌یابد (Crowder، ۲۰۰۳).

در حال حاضر کارخانه ماسه‌شویی آب‌بند نازلوچای با ۱۸۰۰ تن خوراک ورودی در روز، حدود ۱۵۰۰ تن شن و ماسه دانه‌بندی شده قابل فروش تولید می‌کند. بر اساس ارزیابی‌های به‌عمل

آمده پساب کارخانه ماسه‌شویی با درصد جامد حدود ۱۵ درصد در محل یکی از گودهای برداشت مصالح به‌عنوان سد باطله و رسوب‌گیر تخلیه می‌شود. این امر به معنای مصرف روزانه بیش از ۱۶۵۰ مترمکعب آب تازه است. درحالی‌که اگر این کارخانه از سیستم تیکنر برای آبگیری پساب استفاده نماید و درصد جامد پساب خروجی خود را به ۴۵ درصد برساند میزان آب مصرفی آن حدود ۴۵۰ متر مکعب خواهد بود و برابر با ۲۷ درصد وضعیت مصرف فعلی خواهد بود. همچنین اگر سیستم PPSM در این کارخانه به‌کار گرفته شود، مقدار مصرف آب تنها حدود ۲۲۰ مترمکعب در روز خواهد بود که فقط ۱۳ درصد مصرف کنونی است.

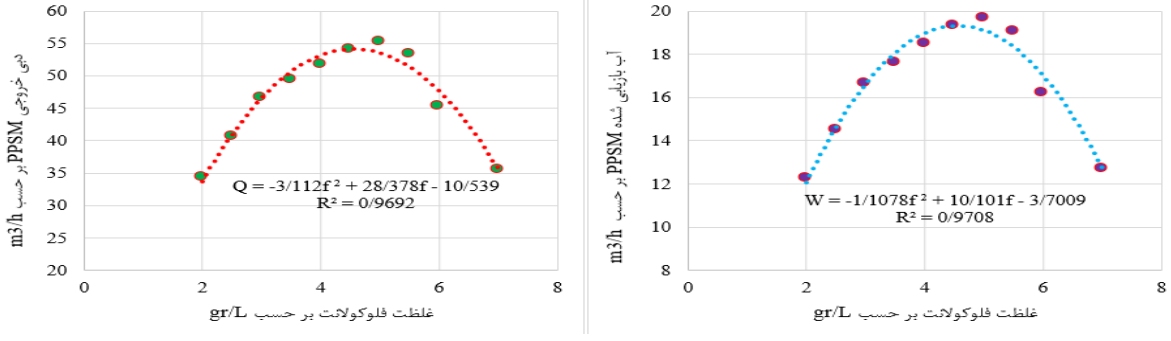
-روش تعیین میزان مواد منعقد کننده و بازیابی آب در سیستم PPSM:

بخش قابل توجهی از مشکلات کارگاه‌های ماسه‌شویی مربوط به وجود کانی‌های رسی همراه با شن و ماسه و نیز تولید نرمه‌های رسی در مراحل سنگ‌شکنی و ورود دوباره آنها به بستر رودخانه است که مشکلات محیط‌زیستی فراوانی را در مراحل مختلف به‌وجود می‌آورد. ته‌نشینی نرمه‌ها در تغلیظ کننده توسط مواد منعقد کننده (فلوکولانت‌ها) انجام می‌شود. منعقد کننده‌ها مواد شیمیایی هستند که از آنها برای جمع‌آوری کلوئیدها و دیگر ذرات جامد در اسلاری یا پالپ[۴] استفاده می‌کنند و در فرایند تصفیه آب برای بهبود ته‌نشینی مواد ریز به‌کار می‌روند. باتوجه‌به اینکه وظیفه مواد منعقدکننده کاهش خاصیت دفع الکترواستاتیکی بین ذرات و به‌وجود آوردن خاصیت جذب بین ذرات است، منعقدکننده مورد مصرف باید از نوع با بار مثبت بیشتر باشد، زیرا درصد زیادی از سنگ ورودی را خاک رس تشکیل می‌دهد که دارای بار منفی است. ازاین‌رو برای افزایش بازیابی آب در کارخانه ماسه‌شویی اقدام به استفاده از مواد منعقدکننده نوع AQUISOL شده است، رسوب جامدات با استفاده از این مواد در داخل سد باطله نیز ادامه می‌یابد. باتوجه‌به اینکه به‌کارگیری سیستم تیکنر خمیری در معادن شن و ماسه دارای سابقه و پیشینه‌ای در ایران نبوده است، لذا اقدام به گزارش و تحلیل نتایج به‌کارگیری و مصرف این مواد در یک مجموعه فرآوری طلا صورت می‌گیرد. برای به‌دست آوردن میزان مواد منعقدکننده بهینه در کارخانه فرآوری معدن طلای آق‌دره تکاب، ظرفیت قابل خروج PPSM برای ۱۰ مقدار مختلف، مواد منعقدکننده اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است، در این کارخانه قبل از سیستم PPSM از تیکنر برای آبگیری پساب فراوری استفاده شده، که درصد جامد خروجی تیکنر ۵۵ درصد می‌باشد و این درصد ارقام بازیابی آب مربوط به اختلافسیستم تیکنر و سیستم PPSM می‌باشد. در این تحقیق استفاده از مواد منعقدکننده از مقدار ۲ گرم در لیتر تا ۷ گرم در لیتر با دامنه تغییر ۰/۵ گرم در لیتر آزمایش و در هر مرحله میزان خروجی سیستم PPSM و مقدار آب بازیابی شده اندازه گیری شد. ظرفیت اندازه‌گیری شده میانگین دبی خروجی PPSM در بازه زمانی دو روز و با مقادیر مواد منعقدکننده مندرج در جدول (۲) به ازای هر آزمایش است. کل دوره آزمایش شامل ۲۰ روز کاری است و در هر دو روز مقدار مواد منعقدکننده ۰/۵ گرم در لیتر افزایش داده شده و نتایج برای ده مرحله مختلف آزمایش ثبت شده است. نتایج این آزمایش در جدول (۲) و روند تغییرات دبی خروجی PPSM و مقدار آب بازیابی شده به‌ازای مقدار مواد منعقد کننده مصرفی در شکل (۱۰) نشان داده شده است.

همان‌طور که مشاهده می‌شود، با افزایش غلظت فلوکولانت از ۲ گرم تا ۵ گرم در لیتر، ظرفیت PPSM و میزان آب بازیافتی افزایش می‌یابد؛ اما در غلظت‌های بالاتر به‌علت حبس آب در بین ذرات، انفصال مجدد ذرات و چسبیدن خمیر به پاروی PPSM، ظرفیت PPSM و بازیابی آب کاهش می‌یابد. لذا بر اساس نتایج یک آزمایش طی ۲۰ روز، بهترین غلظت مواد منعقدکننده در کارخانه آق‌دره ۵ گرم در لیتر تعیین شده است. در صورت طراحی و به‌کارگیری این سیستم برای معادن شن و ماسه، باید با توجه به تفاوت غلظت پالپ اولیه، نوع باطله و جامد درگیر آزمایشات مستقیم و دقیق‌تری انجام گیرد.

جدول ۲- ظرفیت سیستم PPSM برای ۱۰ مقدار مختلف از فلوکولانت آزمایش شده

غلظت فلوکولانت (gr/L)	f	۲	۲/۵	۳	۳/۵	۴	۴/۵	۵	۵/۵	۶	۷
دبی خروجی PPSM (m3/h)	Q	۳۴/۴۵	۴۰/۷۸	۴۶/۷۲	۴۹/۵۰	۵۱/۸۷	۵۴/۲۴	۵۵/۴۳	۵۳/۴۵	۴۵/۵۱	۳۵/۶۳
آب بازیابی شده (m3/h)	W	۱۲/۳۰	۱۴/۵۶	۱۶/۶۹	۱۷/۶۸	۱۸/۵۳	۱۹/۳۷	۱۹/۷۰	۱۹/۰۹	۱۶/۲۵	۱۲/۷۳



شکل ۱۰- روند تغییرات دبی خروجی PPSM و مقدار آب بازیابی شده به ازای فلوکولانت مصرفی در کارخانه آق‌دره

نتیجه‌گیری

بهره‌برداری از معادن مصالح رودخانه‌ای علی‌رغم اثرات مثبت برروی اشتغال و درآمدزایی، فراهم آوردن خدمات و زیرساخت‌ها در منطقه، در صورت استخراج بی‌رویه پیامدهای مخرب محیط‌زیستی مانند کاهش کیفیت تفریحی، ورزشی و توریستی چشم‌انداز رودخانه، رسوبات معلق و آثار آن بر آبزیان، افزایش غلظت مواد رسوبی در آب رودخانه، فرسایش بستر و ساحل رودخانه، تخریب اجتماعات گیاهی وجانوری، کاهش ظرفیت خود پالایی رودخانه، ایجاد گودال و آبگیر در رودخانه، عریض‌تر شدن کانال رودخانه و بسیاری از عوامل دیگر خواهد داشت. یکی از راه‌کارهای پیشنهادی، نظارت‌های پیوسته عملیات مجاز از طرف سازمان‌های مربوطه و الزام به به‌کارگیری روش‌ها و اصول صحیح، استخراج و دفع پساب است. این مورد می‌تواند تاثیر زیادی در کاهش پیامدهای منفی برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه داشته باشد. در حال حاضر در اکثر کارگاه‌های شن و ماسه‌شویی هیچ اثری از سد رسوب‌گیر، بازیافت آب و به‌کارگیری آب برگشتی و سایر مواردی که از مصرف آب تازه و عوارض محیط‌زیستی کارگاه‌های ماسه‌شویی می‌کاهند، مشاهده نمی‌شود. هزینه آب مصرفی این کارگاه‌ها اندک است، (به‌عنوان مثال حق‌آبه یک کارگاه ماسه‌شویی با برداشت روزانه بیش از ۱۰۰۰ مترمکعب و مجوز نصب دو عدد پمپ آبکشی هریک با قطر خروجی ۳ اینچ) سالیانه حدود ۱۵۰ میلیون ریال است که در قیاس با سایر هزینه‌های یک کارگاه ماسه‌شویی بسیار ناچیز بوده و رغبتی در بهره‌بردار برای مهار و به‌کارگیری آب برگشتی کارخانه ایجاد نمی‌کند. به نظر می‌رسد که شاید افزایش هزینه تامین آب مصرفی این کارگاه‌ها می‌تواند حداقل انگیزه لازم برای مدیریت پساب را ایجاد نماید.

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد، در صورت استفاده از سیستم تیکنر برای آبگیری پساب و استفاده مجدد از آب برگشتی، درصد جامد پساب خروجی حدود ۴۵ درصد خواهد بود که به ۲۷ درصد وضعیت مصرف فعلی کاهش می‌یابد. همچنین اگر سیستم باطله خمیری به‌کار گرفته شود، مقدار مصرف آب تازه حدود ۱۳ درصد مصرف کنونی خواهد بود.

از دیگر راهکارهای کاهش عوارض برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه‌ها، تدوین و اجرای برنامه‌های بلندمدت جهت احیای مناطق برداشت شده و همچنین محدود کردن برداشت شن و ماسه در مناطق حساس، ممنوعیت برداشت شن و ماسه در رودخانه‌های حفاظت شده و سیاست‌گذاری و حرکت به سمت افزایش سهم سایر منابع شن و ماسه و مصالح دانه‌بندی شده به غیر از رودخانه‌ها است.

پی‌نوشت

1- Total Suspended Solids
2- Slurry
3- paste production and storage mechanism
4- pulpe

منابع

برهانی داریان، ع. و فاتحی مرج، ا. ۱۳۸۷. کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی جریان رودخانه با استفاده از شاخص‌های اقلیمی مطالعه موردی: حوضه آبریز نازلوچای، مجله دانشکده فنی دانشگاه تبریز، ۳۵(۳):۲۵-۳۶.

جباری، ا. و فرضی ه. ۱۳۸۸. تولید شن و ماسه و نتایج آن در تغییر الگوی حمل بار رسوب رودخانه رازآور، مجله تحقیقات جغرافیایی، ۲۴(۲): ۱۴۵-۱۶۰.

حسین‌زاده. م.، نیکو شیرود ع. و اسماعیلی ر. ۱۳۹۷. اثرات نامطلوب برداشت شن و ماسه بر سیستم رودخانه‌ای، مطالعه موردی: رودخانه شیرود تنکابن (استان مازندران)؛ پژوهش‌های دانش زمین، ۹(۳۴): ۱۶۵-۱۷۵.

حقیر چهره‌قانی، س.، حسین‌زاده، ح.، سمیعی فرد، ر. و علی‌پور

ع. ۱۳۹۰. بررسی تولید باطله خمیری در کارخانه فرآوری طلای آق‌دره و اثرات زیست محیطی آن، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، ۱۳(۳): ۲۹-۳۸.

چهره قانی، س.، کریمی آغسقالی ج. و حسین‌زاده، ح. ۱۳۹۶. اثرات معدن‌کاری طلا بر محیط‌زیست در معدن طلای آق‌دره تکاب. چهارمین کنفرانس بین‌المللی برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست، دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران.

صادقی، س.ح. و خالدی درویشان ع. ۱۳۸۵. بررسی نقش برداشت شن و ماسه بر افزایش توان حمل رسوب رودخانه، سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه.

مرکز آمار ایران. ۱۳۹۴. نتایج آمارگیری از اطلاعات محیط‌زیستی معادن درحال بهره‌برداری کشور. ۱۳۹۳. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.

معروفی‌نیا، ا.، عصمت ساعتلو، س.، گل دوست رضایی، م.، و غفاری بالانجی، س. ۱۳۹۱. تغییر کاربری رودخانه نازلوچای بر اثر برداشت و استفاده بی‌رویه از مصالح شن و ماسه در حوضه آبریز دریاچه ارومیه"، اولین همایش ملی حفاظت و برنامه‌ریزی محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان.

معروفی نیا، ا.، عصمت ساعتلو س.، گل دوست رضایی م. و غفاری بالانجی، س، ۱۳۹۲. تغییر کاربری رودخانه نازلوچای بر اثر برداشت و استفاده بی‌رویه از مصالح شن و ماسه در حوضه آبریز دریاچه ارومیه. کنفرانس ملی تکنیک‌های نوین محاسباتی و بهینه‌سازی در مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سقز.

Cincilla W., Landriault D. and Verburg R. 1997. Application of paste technology to surface disposal of mineral wastes. Proceedings of the 4th International Conference on Tailings and Mine Waste. Fort Collins, Colorado, 13-16 January. Rotterdam: A. A. Balkema, pp. 343-356.

Cincilla W., Landriault D., Newman P. and Verburg R., 1998. Paste Disposal. Mining Environmental Management, 6(3):11-15.

Crowder J.J. 2003. Deposition, consolidation, and strength of a non-plastic tailings paste for surface disposal. Phd thesis. Department of Civil Engineering, University of Toronto, Toronto, Ont.

Gavriletea M.D. 2017. Environmental Impacts of Sand Exploitation. Analysis of Sand Market. Sustainability, 9(7): 1118.

Jia L., Luo Z., Yang Q., Ou S. and Lei Y. 2007. Impacts of the large amount of sand mining on riverbed morphology and tidal dynamics in lower reaches and delta of the Dongjiang River." Journal of Geographical Sciences, 17(2): 197-211.

Kondolf G.M., Smeltzer M.W. and Kimball L.C. 2002. Freshwater Gravel Mining and Dredging Issues: White Paper, Washington Department of Fish and Wildlife. Ecology, and Transportation, 122.

Sreebha S. and Padmalal D. 2011. Environmental impact assessment of sand mining from the small catchment rivers in the southwestern coast of India: a case study." Environmental management, 47(1): 130-140.