Hydrogeomorphology Vol. 12, No. 42, 2025

Research Paper

Sand mining from the river and risks related to velocity changes and longitudinal profiles in flood times Case study: Baranduzchay river watershed, West Azerbaijan province

Ali Parvish [1] | Hirad Abghari [2]

1. Research Expert, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. a.parvish@areeo.ac.ir
2. Associate Professor Department of Pasture and Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran, h.abghari@urmia.ac.ir

Keywords

Hydraulic behavior, Cross section, river degradation, morphology, sedimentation, Baranduzchay, West Azerbaijan province.

Received: 2024/10/13

Accepted: 2025/01/04

Published: 2025/04/19

ABSTRACT

Introduction

The sustainable management of watersheds is essential for ecological balance, particularly in regions heavily reliant on local resources. This study investigates the Baranduzchai River, a crucial water source for Lake Urmia, focusing on the ramifications of excessive sand and gravel extraction. Increasing population demands have led to unsustainable practices that threaten the river's hydraulic stability and ecological integrity.

Methodology

To evaluate the impact of sand mining, a comprehensive analysis was conducted using pre-extraction topographic data. Geographic Information System (GIS) techniques, particularly the HEC-GeoRAS extension, were employed to create an intricate model of the river's hydraulic features. Twelve geometric cross-sections were established over a 3-kilometer stretch to assess the variations in hydraulic parameters before and after extraction. The study simulated the hydraulic response of the river to the extraction of 1 to 2 meters of material, examining changes in flow cross-section and velocity.

*Correspondin Author: Hirad Abghari, E-mail: h.abghari@urmia.ac.ir

How to cite this article: Parvish, Ali; Abghari, Hirad. (2025). Sand mining from the river and risks related to velocity changes and longitudinal profiles in flood times Case study: Baranduzchay river watershed, West Azerbaijan province. Hydrogeomorphology, 12(42): 118 – 136.
DOI:10.22034/hyd.2025.63977.1761

 Publisher: University of Tabriz

Results and Discussion

The results indicate significant changes in the river's hydraulic dynamics due to non-standard extraction practices. Specifically, the study found that a 1% reduction in cross-sectional area correlates with a 1% increase in flow velocity. Each square meter extracted results in an average increase of 0.02 m/s in flow velocity across various return periods. These alterations heighten sediment transport capabilities, exacerbating bank erosion and threatening adjacent agricultural lands and water infrastructure. The findings highlight the interconnectedness of hydrological alterations and socio-economic challenges, including potential conflicts over water resources and environmental degradation.

Conclusions

The research underscores the critical need for a holistic approach to watershed management that includes the active participation of local stakeholders and regulatory bodies. Implementing sustainable extraction practices and developing robust regulatory frameworks are imperative to mitigate adverse effects on the Baranduzchai River's ecology and ensure the sustainability of its resources. Future studies should focus on long-term monitoring and the development of adaptive management strategies to preserve the ecological integrity of this vital watershed.

مقاله پژوهشی

برداشت شن و ماسه از رودخانه و مخاطرات مربوط به تغییرات سرعت و پروفیل طولی در زمان های سیلابی
مطالعه موردی: حوضه آبریز رودخانه باراندوزچای استان آذربایجان غربی

علی پرویش[۱]، هیراد عبقری[۲]*

۱- کارشناس تحقیقات، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. a.parvish@areeo.ac.ir
۲- دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. hiradab@gmail.com

کلیدواژه‌ها

رفتار هیدرولیکی، سطح مقطع، تخریب رودخانه،مورفولوژی، رسوب‌گذاری، باراندوزچای، آذربایجان غربی.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/ ۱۵
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۱/۳۰

چکیده

مدیریت حوضه‌های آبریز بدون توجه به نقش بهره‌برداران محلی و دولتی، سیاست‌های حفظ منابع آب و خاک را با ناکامی مواجه می‌نماید و در درازمدت آثار و تبعات منفی زیادی بر جای خواهد گذاشت. یکی از منابع تأمین کننده آب ورودی به دریاچه ارومیه، حوضه آبریز رودخانه باراندوزچای می‌باشد. استخراج شن و ماسه و بهره‌برداری از این رودخانه بدلیل افزایش مصرف‌گرایی جمعیت روز به روز در حال افزایش است. به دلیل ضرورت و اهمیت مدیریت و کنترل سیلاب‌ها در جلوگیری از بروز مشکلات اجتماعی و اقتصادی، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر برداشت خارج از استاندارد شن و ماسه بر دبی هیدرولیکی رودخانه انجام شده است. محدوده مورد مطالعه در رودخانه باراندوزچای واقع در استان آذربایجان‌غربی شهرستان ارومیه می‌باشد که در این تحقیق بخشی از رودخانه در طول جغرافیایی ۴۹۰۶۷۵ UTM و عرض جغرافیایی ۴۱۲۱۹۵۵ UTM (بالادست) تا طول جغرافیایی ۴۹۰۹۹۵ UTM و عرض جغرافیایی ۴۱۲۵۵۵۰ UTM (پایین دست) می‌باشد.

در این پژوهش با استفاده از اطلاعات توپوگرافی قبل از برداشت مصالح کف و کناره رودخانه‌ها و استخراج دقیق شبکه نامنظم مثلثی (TIN) جهت بررسی ویژگی‌های ارتفاعی، با کمک افزونه HEC-GeoRAS که پل ارتباطی بین مدل هیدرولیکی HEC-RAS و ArcGIS است، اقدام به بررسی اثرات برداشت بی‌رویه شن و ماسه بر ویژگی‌های هیدرولیکی و هیدرولوژیکی رودخانه پرداخته شد. با توجه به اهداف پژوهش، اثرات برداشت ۱ الی ۲ متر دبی هیدرولیکی جریان مورد شبیه‌سازی قرار گرفت. این پژوهش نشان داد که با برداشت عمقی یک الی دو متر از بستر رودخانه، سطح مقطع ۱٪ کاهش و سرعت ۱٪ افزایش می‌یابد به عبارتی به‌ازای برداشت ۱ متر مربع از مقطع رودخانه، سرعت به طور میانگین ۰/۰۲ متر بر ثانیه در هر دوره بازگشت افزایش می‌یابد که همین امر موجب افزایش توان رسوب‌گذاری، فرسایش کنار رودخانه‌ای، تخریب زمین‌های زراعی اطراف و سازه‌های آبی می‌شود.

*هیراد عبقری
رایانامه: hiradab@gmail.com

ارجاع به این مقاله: پرویش، علی؛ عبقری، هیراد؛ (۱۴۰۴). برداشت شن و ماسه از رودخانه و مخاطرات مربوط به تغییرات سرعت و پروفیل طولی در زمان‌های سیلابی مطالعه موردی: حوضه آبریز رودخانه باراندوزچای استان آذربایجان غربی. هیدروژئومورفولوژی، ۱۲(۴۲): ۱۳۶-117.
شناسه دیجیتال مقاله: DOI: 10.22034/hyd.2025.63977.1761

Publisher: University of Tabriz

مقدمه

با پیش‌بینی حرکت سیل و با در دست داشتن اطلاعاتی از سیلاب بالادست می‌توان رفتار دبی هیدرولیکی رودخانه را تحلیل کرد. با توجه به موقعیت جوامع انسانی که در کنار رودخانه‌ها و مناطق حاصلخیز زندگی می‌کنند، شناخت رفتاری رودخانه و انجام فعالیت‌های مهندسی سازگار با طبیعت رودخانه همواره یکی از دغدغه‌های اصلی مهندسین درگیر با علم رودخانه می‌باشد. در سال‌های اخیر با توجه به توسعه روز افزون جوامع و فعالیت‌های بشری و ساختمان‌سازی در مناطق سیلاب‌دشت‌ها، تخریب رودخانه‌ها برای استخراج منابع شن و ماسه روندی صعودی به خود داشته‌است(امیری، ۲۰۱۴: ۲).

بدلیل ساخت و سازهای انجام شده در بستر رودخانه ها و توسعه سد سازی در این مناطق، سبب تاثیر مستقیم بر رژیم هیدرولوژیکی رودخانه ها شده است و لازم است تا با درک تغییرات رژیم رودخانه، جریان رودخانه مدیریت شود (مصطفی زاده و همکاران، ۲۰۲۴: ۱۲۱).

بیش‌ترین برداشت شن و ماسه از کره زمین بر اساس برنامه محیط‌زیست سازمان ملل، که هر ساله حدود ۵۰ میلیارد تن از دریاچه‌ها، بستر رودخانه‌ها، خطوط ساحلی و دلتاها استخراج می‌شود و به ازای هر نفر حدود ۶/۵۷۰ کیلوگرم در سال است (هرناندز و همکاران[1] ۲۰۲۱: ۱). شن و ماسه یکی از مصالح ساختمانی صنعتی است که بخشی عمده‌ای آن از رودخانه‌ها تامین می‌شود. یکی از مهم‌ترین مسائل در رودخانه‌ها این است که چگونه می‌توان حداکثر سود اقتصادی منابع شن و ماسه رودخانه را با فرض اطمینان از ثبات و سلامت رودخانه و همچنین کنترل سیلاب و محیط‌زیست تولید کرد (ژای و همکاران[2] ۲۰۲۰: ۱۱۸۳۸۶). برداشت اصولی و به مقدار مجاز از شن و ماسه امری مهم در پایداری و حفظ شکل و بستر رودخانه است. استخراج شن و ماسه اثرات قابل توجهی بر رژیم هیدرولوژیکی و هیدرودینامیکی سیستم‌های رودخانه دارد (یائو و همکاران[3] ۲۰۱۹: ۱۲۴۱۶۱).

برداشت بی‌رویه شن و ماسه سبب ایجاد حفره‌های آورد رسوب در رودخانه می‌شود و ظرفیت انتقال آن را بهم می‌ریزد و همین امر سبب تله‌اندازی رسوبات در آن حفره‌ها می‌شود و باعث افزایش موضعی شیب بستر و خط انرژی می‌گردد. بنابراین آگاهی از وضعیت زبری بستر و جداره‌های آن و پارامترهای مربوط به افت انرژی در کانال‌ها و رودخانه‌ها سبب پیش‌بینی و برنامه‌ریزی دقیق از رفتار هیدرولیکی رودخانه در مقابل سیلاب‌های احتمالی در جهت کاهش مخاطرات طبیعی اعم از تخریب تأسیسات آبی و مزارع می‌شود (عبقری، ۲۰۰۴: ۲).

تخریب کناره رودخانه‌ها در اثر استخراج بی‌رویه شن و ماسه باعث تغییر پروفیل طولی مجرای رودخانه و کف‌کنی شدید آن، پایین رفتن آبخوان‌های زیرزمینی، از بین رفتن اکوسیستم و محیط زیست می‌شود (هنربخش و همکاران، ۲۰۲۰: ۲۱۵). شن و ماسه برای مصالح ساختمانی از بستر رودخانه و دشت‌های سیلابی استخراج می‌شود. به بیان ساده‌تر سبب پیامدهای ریخت‌شناسی و منفی بر سازه‌های حاشیه‌ای و زیست محیطی و تاثیرات منفی در رشد گردشگری را خواهدشد. همه این عوامل در آینده سبب کاهش منابع آب‌های زیرزمینی، پوشش گیاهی، منابع خاک، نفوذپذیری خاک، افزایش فرسایش و افزایش سیلاب و رواناب، خشک‌شدن چشمه‌ها و قنات‌ها، کاهش مواد مغذی خاک و تراکم پوشش گیاهی در مراتع می‌شود. استخراج بی‌رویه شن و ماسه به طور قابل توجهی ژئومورفولوژی، پویایی ذرات ریز، رنگ آب و حتی جوامع زیست شناختی را تغییر می‌دهد که این مورد در گزارش‌های (وانگ و همکاران[4] ۲۰۱۲: ۲۷۴۴؛ براون و همکاران[5] ۲۰۱۱: ۵۲؛ رینالدی و همکاران[6] ۲۰۰۵: ۸۰۷؛ کوندلف و همکاران[7] ۱۹۹۷: ۳۶۵) بررسی شده بود. از مهم ترین مخاطرات برداشت مصالح که در اثر افزایش شیب بستر رودخانه باراندوزچای بدلیل تغییر سرعت و پروفیل طولی جریان اتفاق افتاده است می‌توان به کف‌کنی و ریزش کناره‌های رودخانه، تخریب پل‌ها و سازه‌های آبی مثل تخریب پل روستای هاشم‌آباد، افزایش کدورت آب و تخریب زمین‌های زراعی موجود در اطراف رودخانه اشاره کرد. این رودخانه با وقوع سیلاب بجای اینکه مسیلی امن برای عبور

1- Hernandez et al
2- Zhai et al
3- Yao et al
4- Wang et al
5- Brown et al
6- Reinaldi et al
7- Kondlof et al

سیلاب باشد، تبدیل به رودخانه‌ای طغیانگر می‌گردد و باعث تخریب سازه‌های آبی مانند پل‌ها، جاده‌های روستائی و زمین‌های زراعی حاشیه رودخانه می‌شود که جبران خسارات مالی بعد از بروز آن منوط به صرف بودجه‌های کلان است.

یک روش مبتنی بر GIS را برای ارزیابی زمانی تغییرات مورفومتری در ارتباط با استخراج شن و ماسه درون یک جریان فصلی مدیترانه‌ای بنام رامبلادلاویودا[1]در اسپانیا را ارائه کردند. هدف شناسایی تغییرات مورفومتری، تعیین کمیت تخریب رودخانه و تجزیه و تحلیل عوامل موثر بر بازیابی رودخانه‌ای جهت مدیریت بهتر در سایر رودخانه‌ها بود. با در نظر گرفتن وجود تغییرات آب و هوایی و کاربری اراضی در محدوده مطالعه، تخریب رودخانه و کمبود رسوب سبب ایجاد یک سیستم رودخانه‌ای نامتعادل گردید (کئل و همکاران[2] ۲۰۱۷: ۳۳۳).

با تجزیه و تحلیل مطالعات میدانی و همچنین بررسی نتایج حاصل از GIS و سنجش از دور (لوسیاگوستین و همکاران[3] ۲۰۱۷: ‎-۰۸ ۰۳۰۱۹۸) به بررسی تأثیرات استخراج شن و ماسه در رودخانه کومیرینگ سوماترای جنوبی پرداختند. نتایج پژوهش نشان‌داد که فعالیت‌های استخراج شن و ماسه نه تنها منجر به تخریب بستر و کانال رودخانه شده‌است بلکه کیفیت آب را نیز کاهش داده‌است.

در پژوهشی با عنوان تأثیر استخراج شن و ماسه در دریاچه پویانگ چین با هدف ترکیب مدل هیدرودینامیک و داده‌های هیدرولوژیکی و تأثیر آن بر تغییرات سطح آب و رژیم‌های هیدرولوژیکی و هیدرودینامیکی نتیجه گرفتند که سطوح آب به‌طور غیرخطی با افزایش استخراج شن و ماسه کاهش می‌یابد و همچنین تغییرات جریانات یکنواخت و غیریکنواخت برداشت شن و ماسه در معدن رودخانه‌ای به تغییرات شیب کف بستگی دارد (یائو و همکاران[4] ۲۰۱۹: ۱۲۴۱۵۶).

پژوهشگران در پژوهشی با هدف بررسی اثرات مربوط به استخراج شن و ماسه در مورد مسائل زیست‌محیطی و درک فرآیندهای ژئومورفیک در مورد جریان‌های حاصل از استخراج شن و ماسه پرداختند. اثرات نسبی برداشت شن و ماسه در رودخانه‌ها را مقابل سایر تغییرات طبیعی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آنان نشان داد که پاسخ‌های فیزیکوشیمیایی و زیستی حاصل از استخراج شن و ماسه باعث تغییر کانال و تخریب سواحل رودخانه و ایجاد جریانات آشفته می‌شود. پژوهش فوق با هدف بررسی مخاطرات حاصل از برداشت شن و ماسه بر تغییرات سرعت و پروفیل طولی در زمان‌های سیلابی و تاثیر آن بر رفتار هیدرولیکی جریان مورد پژوهش قرار گرفت. (کوهنکن و همکاران[5] ۲۰۲۰: ۳۶۸).

پژوهشگران با بررسی اثرات برداشت شن و ماسه از رودخانه خاترکوه بر مسائل اجتماعی، زیست‌محیطی و اکولوژیک پرداختند. آنان استراتژی‌هایی برای کاهش این تأثیرات از طریق تحلیل SWOT[6] شناسایی کردند. نتایج تحلیل SWOT نشان داد که فرصت‌ها و نقاط قوت مرتبط با برداشت شن و ماسه در منطقه، بر ضعف‌ها و تهدیدهای شناسایی‌شده پیشی می‌گیرد. آن‌ها به‌منظور حل مشکلات مربوط به استخراج، یک استراتژی تهاجمی پیشنهاد دادند که به حداکثر رساندن این فرصت‌ها و نقاط قوت می‌پردازد. یکی از پیامدهای کلیدی اکولوژیک شناسایی‌شده، گسترش گونه‌های گیاهی مهاجم و افزایش وقوع آتش‌سوزی‌هاست که منجر به کاهش رشد و تراکم پوشش گیاهی و همچنین تخریب مراتع می‌شود (وهاب‌زاده کبریا و همکاران، ۲۰۲۳: ۸).

در پژوهشی کاربردی در ویتنام با هدف بررسی استخراج غیرقانونی شن و ماسه در دلتای مکونگ[7] به این نتیجه رسیدند که استخراج شن و ماسه از بستر رودخانه‌ها و سواحل، تأثیرات زیست‌محیطی جدی به همراه دارد و تقاضای بالا و سودآوری این فعالیت، انگیزه‌ای قوی برای ادامه این روند غیرقانونی فراهم می‌آورد. جنوب شرق آسیا به‌عنوان یکی از مناطق اصلی استخراج غیرقانونی شن و ماسه شناخته می‌شود. مقایسه داده‌های رسمی و تحقیقات مستقل نشان‌دهنده حجم استخراج غیرقانونی در دلتای مکونگ است که بین ۱۰ تا ۲۶ میلیون مترمکعب در سال تخمین زده می‌شود. در این مطالعه با نقشه‌برداری از مناطق استخراج غیرقانونی در طول رودخانه‌های تین و هائو[8] افزایش قابل‌توجهی در میزان مجاز استخراج در برخی نواحی را آشکار ساختند. در سال ۲۰۱۳، حدود ۱۶/۶۷ میلیون مترمکعب شن و ماسه به‌صورت غیرقانونی استخراج گردید و استان دونگ تاپ[9]بالاترین میزان استخراج غیرقانونی را به خود اختصاص

1- Rambla de la Viuda
2- Calle et al
3- Lusiagustin et al
4- Yao et al
5- Koehnken et al
6- Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats
7- Mekong Delta
8- Tien and Hau Rivers
1- Dong Thap

داد. این پژوهش اطلاعات کمی مهمی درباره میزان و گستره استخراج غیرقانونی شن و ماسه در دلتای مکونگ ارائه می‌دهد که می‌تواند در تدوین مقررات پایدار برای مدیریت استخراج شن و ماسه مؤثر باشد. (یوئن و همکاران[2] ۲۰۲۴: ۱۰).

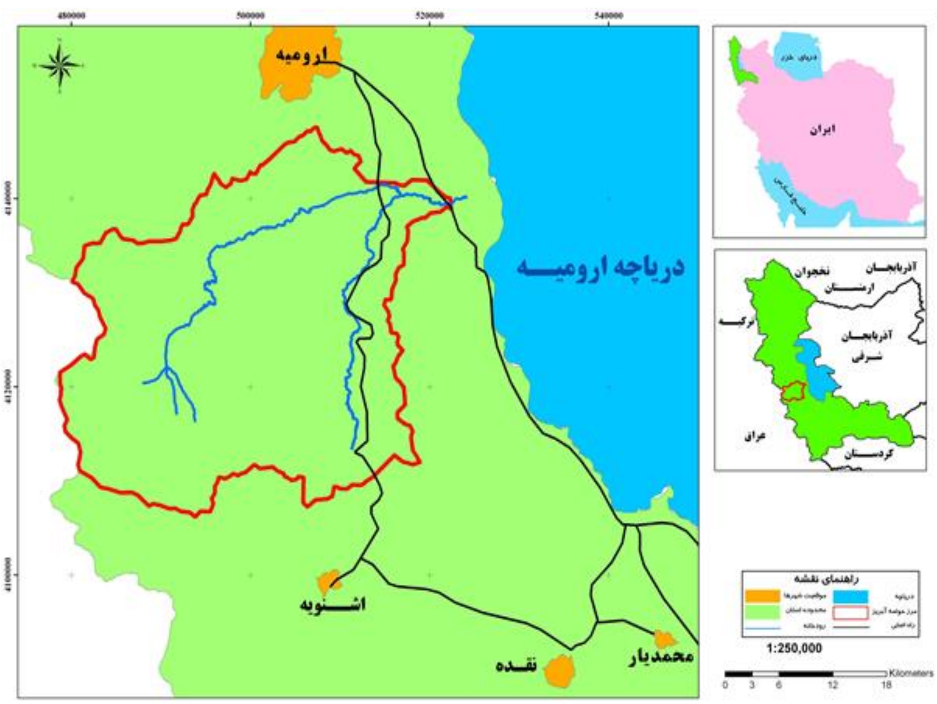
تاثیر تغییرات ناشی از دخالت‌های انسانی در طبیعت باعث افزایش روند خشک شدن زمین و فرسایش بادی شده است. از بین رفتن پوشش گیاهی و تخریب اراضی سبب افزایش پدیده ریزگردها در حاشیه دریاچه ارومیه شده است و این امر در دراز مدت سبب کاهش تراز آب دریاچه ارومیه و احتمال خشک شدن آن را بیشتر می کند (بیاتی خطیبی و ساری صراف، ۲۰۲۴: ۱۳۶).

این پژوهش با جنبه کاربردی نشان می‌دهد که مدیریت و کنترل اصولی رودخانه‌ها اگر بدون علم به اهمیت منابع موجود در آن انجام شود چه مخاطرات و تاثیراتی بر رفتار هیدرولیکی رودخانه باراندوزچای خواهد گذاشت به همین دلیل با ارائه پیشنهادات کاربردی و عملی می‌توان مخاطرات ناشی از برداشت‌های بی‌رویه شن و ماسه که در حوضه آبریز دریاچه ارومیه در حال انجام است را کاهش داد.

مواد و روش پژوهش

منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه رودخانه باراندوزچای واقع در استان آذربایجان‌غربی شهرستان ارومیه می‌باشد شکل (۲). بازه مورد مطالعه در این تحقیق بخشی از رودخانه در طول جغرافیایی "۴۱ '۵۳ °۴۴ و عرض جغرافیایی "۳۸ '۱۴ °۳۷ (بالادست) تا طول جغرافیایی "۵۴ '۵۳ °۴۴ و عرض جغرافیایی "۳۵ '۱۶°۳۷ (پایین دست) می‌باشد شکل (۱). مساحت حوضه آبریز باراندوزچای ۱۱۴۸/۰۶ کیلومتر مربع است. طول رودخانه ۷۲/۷۷ کیلومتر است. میانگین بارش سالیانه ۴۵۱ میلی متر و ارتفاع حداقل و حداکثر حوضه آبریز باراندوزچای به ترتیب ۱۲۷۷ و ۳۳۹۵ متر است. سرچشمه حوضه آبریز باراندوزچای ارومیه که یکی از حوضه‌های آبریز دریاچه ارومیه است از کوه‌های دالامپر و بزسینا است و در مرز ایران، عراق و ترکیه می‌باشد.



شکل (۱): موقعیت محدوده مورد مطالعه در حوضه آبریز رودخانه باراندوز چای ارومیه

Figure (1): The location of study area in Urmia Baranduzchay watershed

2- Yuen et al

داده‌های مورد استفاده

بعد از معرفی و مشخص شدن منطقه مورد مطالعه، اقدام به جمع‌آوری آمار و اطلاعات داده‌های دبی حداکثر لحظه‌ای از شرکت آب منطقه‌ای استان آذربایجان غربی از سال ۱۳۶۱ تا ۱۴۰۱ گردید. نقشه های ۱:۱۰۰۰ توپوگرافی کف و کناره رودخانه نیز از شرکت آب منطقه‌ای آذربایجان غربی که مربوط به سال ۱۴۰۱ است تهیه شده است.

مدل هیدرولیکی HEC-RAS

این مدل از سری مدل‌های تحلیل هیدرولیکی رودخانه و جریان آب است که توسط رسته مهندسی ارتش آمریکا توسعه یافته‌است و از آن برای شبیه‌سازی و مدل‌سازی پروفیل سطح آب در حالت ماندگار و غیر ماندگار و تحلیل سیلاب رودخانه مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مدل با معرفی دبی و زمان، سری‌های پیوسته رواناب را به قطعه‌های جریان ماندگار یا دائم تقسیم بندی می‌کند شبیه‌سازی در این مدل بر اساس روش عددی گام به گام استاندارد می‌باشد. اساس این روش بر معادله انرژی و روابط برنولی استوار است. مدل‌سازی هیدرولیکی به دو روش موج دینامیک و موج سینماتیک می‌باشد. در روش دینامیکی اساس مدل‌سازی هیدرولیکی مسائل پیرامون کنترل سیلاب، جریانات دائم یا غیردائم (پایدار و ناپایدار) و روندیابی سیلاب در حالت یک بعدی بر اساس دو معادله معروف دیفرانسیل مرتبه اول بنام سنت – ونانت[1]بر پایه جریان غیرماندگار یک بعدی در کانال‌های باز انجام می‌گیرد (عبقری، ۲۰۰۴). معادله پیوستگی جریان در حالت یک بعدی و در هر مقطع عرضی از آبراهه کاربرد دارد و می‌توان برای هر یک از این مقاطع عرضی پروفیل سطحی آب را استخراج و تحلیل نمود.

به دنبال آن می‌توان سایر پارامترها مانند شیب و سرعت را نیز بدست آورد. این مدل قادر به تحلیل و محاسبه داده‌های هندسی، جریانات یک بعدی در حالت ماندگار و غیر ماندگار، انتقال رسوبات، داده‌های طراحی هیدرولیکی و تحلیل کیفیت آب است. این سیستم توانایی در نظر گرفتن کل کانال یا مقطعی از جریان را برای شبیه‌سازی پروفیل سطح آب در رژیم‌های زیر بحرانی، بحرانی، فوق بحرانی و مختلط را دارد. این مدل تاثیر عوامل هیدرولیکی مانند پل‌ها و دیگر سازه‌های هیدرولیکی را در نظر می‌گیرد.

داده‌های مورد نیاز برای ورود به مدل هیدرولیکی HEC-RAS

برای اجرای این مدل‌ها بسته به شرایط حاکم بر هر مدل و هدف از پژوهش، داده‌های مختلفی مورد نیاز است که بطور کلی در زیر تقسیم‌بندی می‌شود.

الف) داده‌های هندسی: این داده‌ها شامل مقاطع هندسی رودخانه، موقعیت و مشخصات هیدرولیکی رودخانه می‌باشد. در حوضه آبریز باراندوزچای بازه‌ای به طول ۳ کیلومتر جهت پژوهش انتخاب شد که در آن یک کارگاه ماسه شوئی فعال وجود داشته باشد. این داده‌ها را با استفاده از توپوگرافی منطقه و نقشه‌برداری تهیه می‌کنند. برای داشتن داده‌های مقاطع هندسی رودخانه اقدام به تهیه نقشه ۱:۱۰۰۰ کف و کناره رودخانه باراندوزچای ارومیه از شرکت آب منطقه‌ای استان آذربایجان غربی گردید. این نقشه‌ها شامل نقاط ارتفاعی، خطوط و چند ضلعی‌هایی هستند که نقشه مورد نظر از روی آن‌ها تهیه شده است. تعداد مقاطع هندسی بسته به دقت مطالعه و تغییرات ریخت‌شناسی طول مسیر دارد به همین علت ۱۲ مقطع عرضی هندسی به فاصله ۲۵۰ متر برای بازه ۳ کیلومتری در نظر گرفته‌شد جهت تطبیق و راستی‌آزمایی مقاطع نقشه‌برداری و برداشت شده، با عملیات صحرایی اقدام به ثبت مشخصات هندسی با دستگاه GPS مدل GARMIN GPSMAP 65s با دقت ۲ متر شده است. با توجه به افت انرژی در کانال‌ها و رودخانه‌ها ضریب زبری نقش اساسی در تعیین میزان سطح آب و سرعت جریان دارد. دانه‌بندی مواد بستر، تغییرات شیب ناهمواری‌های رودخانه، موانع موجود در مسیر رودخانه، تراکم پوشش گیاهی و وضعیت ریخت‌شناسی رودخانه تأثیر به سزایی در برآورد ضریب مانینگ دارد برای این کار از ضریب مانینگ ترکیبی با پیمایش در حوضه آبریز باراندوزچای ارومیه، مطابق رابطه (۱) و جداول مربوطه آن ضریب مانینگ برآورد شد.

$$n = (n0 + n1 + n2 + n3 + n4)m \qquad (۱)$$

1- Saint-Venant

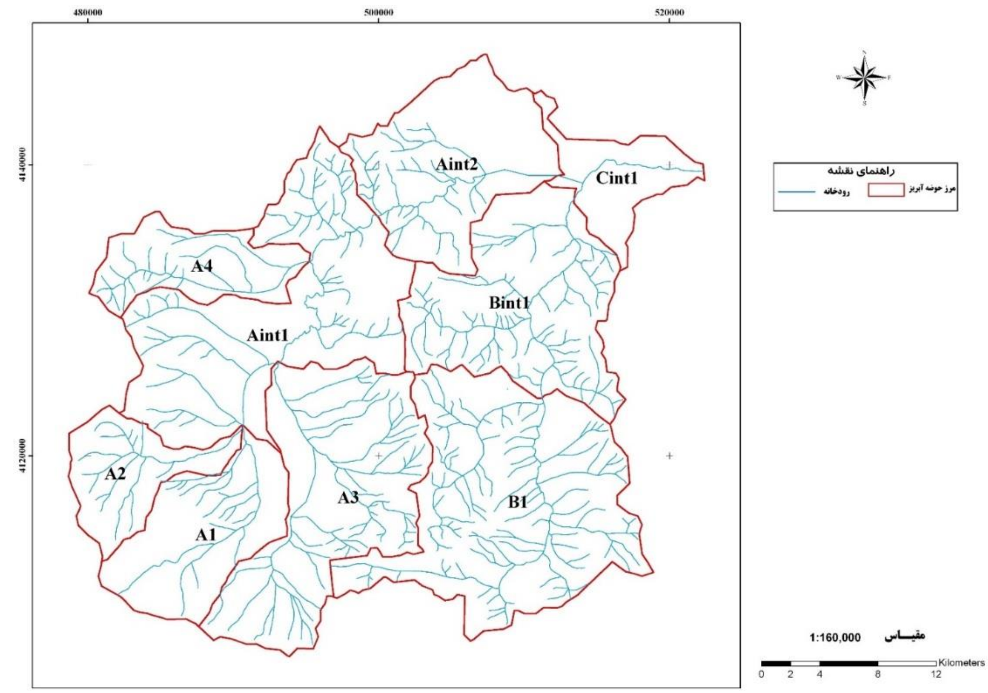
که در این معادله n0 ضریب مانینگ مربوط به دانه بندی مواد بستر، n1 ضریب مانینگ مربوط به درجه ناهمواری در سطح بستر رودخانه، n2 ضریب مانینگ مربوط به تغییرات مقطع رودخانه، n3 ضریب مانینگ مربوط به موانع موجود در مسیر رودخانه، n4 ضریب مانینگ مربوط به پوشش گیاهی و m ضریب مانینگ مربوط به درجه مسیر و پیچش رودخانه می باشد.

برای مدلسازی و تحلیل هیدرولیکی رودخانه‌ها شناخت تمام جزئیات عوارض سطح زمین امری لازم و ضروری است. به همین منظور از شبکه نامنظم مثلثی (TIN) استفاده گردید. با افزودن ارتفاع Z و ادغام لایه‌ها و با استفاده از نقشه‌های ۱:۱۰۰۰ شبکه نامنظم مثلثی در Arc GIS تهیه شد و سپس با کمک افزونه HEC-GeoRAS اقدام به ترسیم رودخانه، ساحل چپ، کانال اصلی و ساحل راست، مسیر جریان، سیلاب‌دشت‌ها و محل قرارگیری مقاطع عرضی شد. در نهایت بعد از ذخیره‌سازی، اطلاعات ورودی در مدل HEC-RAS فراخوانی و آماده اجرا می‌شود.

برای بررسی داده‌های هیدرولوژیکی و به منظور همگن بودن مناطق مورد مطالعه، حوضه آبریز رودخانه باراندوزچای را به ۹ زیر حوضه آبریز تقسیم شده است شکل (۲).

برای مطالعه بارش سالانه در منطقه مورد نظر از ایستگاه‌های داخل حوضه آبریز باراندوزچای ارومیه استفاده شده‌است.

با توجه به اینکه طول دوره آمار موجود ایستگاه‌های مورد مطالعه یکسان و پیوسته نبوده و دارای گسستگی می‌باشد، برای دستیابی به نتایج قابل اطمینان در یک دوره آماری بلند مدت، اقدام به تصحیح و تکمیل آمار موجود بارش این ایستگاه‌ها در دوره ۳۰ ساله (۷۱-۱۳۷۰) تا (۰۱-۱۴۰۰) گردیده‌است. مقادیر بارش متوسط سالانه در زیر حوضه‌های آبریز باراندوزچای در جدول (۱) ارائه شده‌است. در ادامه با تحلیل اطلاعات اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های آبسنجی، دبی زیر حوضه‌های آبریز باراندوزچای به‌ازای دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ پرداخته‌شد. بازه مورد پژوهش در زیر حوضه آبریز Aint1 قرار دارد.



شکل (۲): نقشه شبکه هیدروگرافی

Figure (2): The map of stream network

جدول (۱): مقادیر بارش متوسط سالانه حوضه آبریز باراندوزچای ارومیه
Table (1): Average annual rainfall values of Urmia Baranduzchay watershed

شماره زیر حوضه‌های آبریز	ارتفاع متوسط (متر)	بارش متوسط میلی‌متر
A1	۲۲۱۳	۶۸۸
A2	۲۲۸۴	۷۱۷
A3	۱۹۸۲	۵۹۴
A4	۲۰۴۶	۶۲۰
Aint1	۱۷۵۶	۵۰۳
Aint2	۱۵۶۳	۴۲۵
B1	۱۹۶۳	۵۸۷
Bint1	۱۷۶۵	۵۰۷
Cint1	۱۳۲۷	۳۳۰
کل حوضه	۱۸۲۷	۵۵۰

بر اساس پژوهش (هدایتی‌پور و همکاران، ۲۰۱۱) از الگوی پریزمان[1]در مدل HEC-RAS برای بررسی جریان‌های غیردائمی در کانال‌های باز و معادله پیوستگی جریان استفاده شده‌است که در رابطه (۲) و (۳) بیان می‌شود. هدف این روش حل معادلات پیوستگی است که در واقع همان موج دینامیکی می‌باشد که از این بین از الگوی پریزمان در روش غیر دائمی استفاده شده‌است. بدلیل محدودیت اطلاعات در دسترس در ایران امکان استفاده از مدل‌های غیردائمی به وجود ندارد. به این دلیل پژوهش فوق در حالت دائمی بوده و اساس محاسبات جریان هیدرولیکی در این مدل در حالت جریان ماندگار، حل معادله انرژی است که در روابط زیر بیان شده‌است.

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + bs\ \frac{\partial h}{\partial t} = q \tag{۲}$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(\beta Q_A^2)}{\partial x} + gA\,\frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gn^2\ Q|Q|}{AR\ \%} = 0 \tag{۳}$$

که در این رابطه A: سطح مقطع عبور جریان (m^2)، Q: دبی جریان (m^3/s)، R: شعاع عیدرولیکی (m)، bs: عرض ذخیره جریان (m)، h: عمق جریان (m)، n: ضریب زبری مانینگ، q: جریان جانبی، β: ضریب بوزینسکو، g: شتاب ثقل (m/s^2) x: فاصله در امتداد آبراهه (m)

بدلیل اینکه مدل بر اساس معادله سنت ونانت است عملا سرعت برای دوره بازگشت‌های مختلف در مدل همان پارامترهای های رقوم سطحی آب هستند و خود سرعت عاملی از تنش برشی است.

معادله پیوستگی جریان در حالت یک بعدی و در هر مقطع عرضی از آبراهه کاربرد دارد و بصورت رابطه (۳) تعریف می‌گردد.

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} - q = 0 \tag{۴}$$

$$\frac{\partial y}{\partial x} + y\,\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial t} = 0 \tag{۵}$$

در رابطه فوق واحدها برابر با $\frac{\partial Q}{\partial x}$: تغییرات دبی نسبت به مکان، $\frac{\partial A}{\partial t}$: تغییرات سطح مقطع نسبت به زمان، Q: دبی، $\frac{\partial y}{\partial x}$: تغییرات عمق نسبت به مکان $\frac{\partial v}{\partial x}$: تغییرات سرعت نسبت به مکان $\frac{\partial y}{\partial t}$: تغییرات عمق نسبت به زمان است.

محاسبات اولیه و تهیه نقشه ژئودزی کف رودخانه

پس از بررسی میدانی مقاطع عرضی، ضرایب زبری محل پل‌ها در بازه مورد مطالعه رودخانه، شرایط مرزی و سیلاب‌دشت‌های اطراف، اقدام به مدل‌سازی پروفیل سطح آب با توجه به دوره بازگشت‌های مختلف شد. در این پژوهش از مدل هیدرولیکی یک بعدی -HEC

1- Prissman Scheme

RAS به منظور بررسی اثرات برداشت بی‌رویه مصالح بر دبی هیدرولیکی استفاده شده‌است. برای این منظور نیاز به شبیه‌سازی پروفیل سطح آب در مقاطع قبل و بعد از برداشت می‌باشد. با توجه به هدف پژوهش و سناریوهای تعیین شده که در آن اثرات برداشت ۱ الی ۲ متر بر دبی هیدرولیکی جریان مورد شبیه‌سازی قرار می‌گیرد. به‌دلیل اهداف پژوهش، وجود کارگاه ماسه شوئی در منطقه مورد مطالعه ضروری می‌باشد. بدین‌منظور منطقه‌ای جهت مطالعه انتخاب شد که در آن یک کارگاه ماسه شوئی فعال وجود داشته‌باشد. به‌همین علت بازه مورد مطالعه از پل هاشم‌آباد تا پل گلستانه به طول ۳۱۲۷ متر انتخاب شد. با افزونه Hec-GeoRAS لایه‌های اطلاعاتی TIN تهیه‌شده از منطقه باراندوزچای ارومیه، دریافت‌گردید. پس از واردکردن داده‌ها به مدل هیدرولیکی و اضافه‌کردن سایر اطلاعات مانند ضریب مانینگ آماده اجرا می‌شود.

برای تعیین دبی با دوره بازگشت‌های مورد نظر از دبی‌های حداکثر لحظه‌ای استفاده شده است که برای این کار توزیع نرمال، لوگ نرمال ۲ و ۳ پارامتره، پیرسون[1] نوع ۳، لوگ پیرسون نوع ۳ و توزیع گامبل[2] استفاده شده و بهترین نوع توزیع که کمترین خطا و بیشترین برازش را داشته‌باشد بعنوان بهترین توزیع انتخاب می‌شود.

رابطه (۴) برای شبیه‌سازی معادله انرژی استفاده گردید.

$$Y1 + z1 + \frac{a1+v1}{2g} = Y2 + z2 + \frac{a2+v2}{2g} + He + Hf \qquad (۴)$$

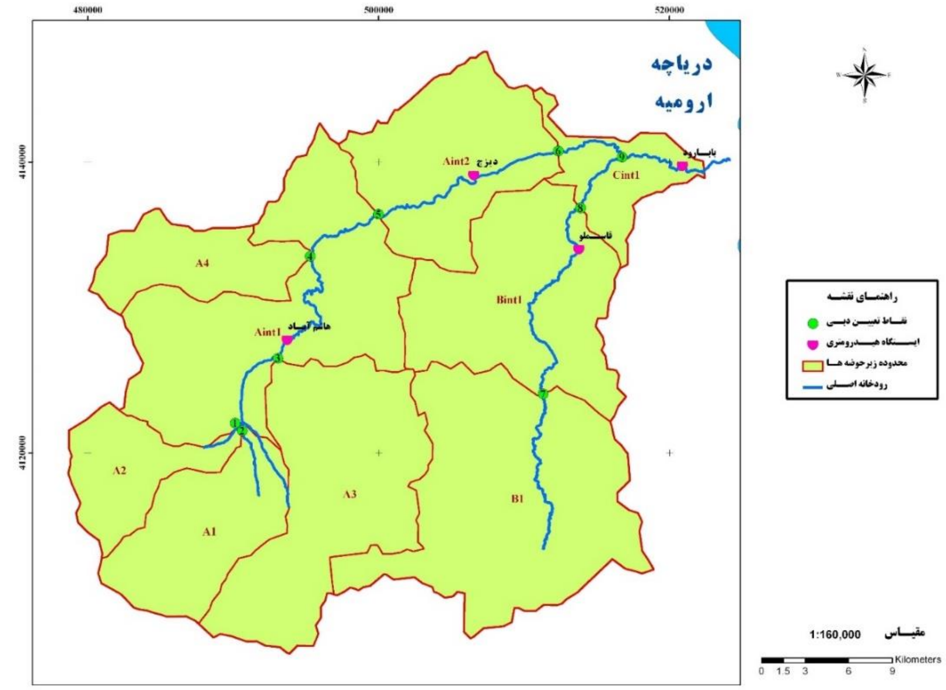
که در این معادله y1 و y2 ارتفاع آب در مقاطع بر حسب متر، z1 و z2 ارتفاع از کانال اصلی مقطع بر حسب متر، g شتاب بر حسب متر بر مجذور ثانیه، He افت انرژی، Hf افت اصطحکاک $a1$ و $a2$ ضریب همسبتگی انرژی می‌باشد.

محاسبات پروفیل سطح آب بر مبنای جریان تغییر تدریجی انجام می‌گیرد. با توجه به اینکه اساس روش‌های عددی و گام‌به‌گام که بر معادله انرژی استوار است، تغییرات مشخصات مقاطع هندسی مانند تغییرات ارتفاعی کف و کناره‌های رودخانه در مسیر جریان، با این اصول اجرا می‌گردد. این نتایج شامل نمودارهای مقاطع عرضی، نمودارهای پروفیل، نمودارهای منحنی سنجه آب، نمودارهای سه‌بعدی و خروجی جداول نتایج‌ها می‌باشد.

تقسیم‌بندی هیدرولوژیک زیر حوضه‌های آبریز رودخانه باراندوز چای ارومیه

برای انجام مطالعات هیدرولوژی حوضه آبریز باراندوز چای به ۹ زیر حوضه تقسیم شده‌است و در زیر حوضه Aint1 می‌باشد. در این نقشه محل قرارگیری ایستگاه‌های هیدرومتری و محل‌های برداشت و تعیین دبی در شکل (۳) ملاحظه می‌شود.

1- Pearson
2- Gumbel distribution



شکل (۳): موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری و تقسیم بندی واحد های هیدروگرافی رودخانه باراندوز چای ارومیه
Figure (3): The location of hydrometry station and classification hydrographic units of Urmia Baranduzchay river

برآورد سیلاب با استفاده از آمار ایستگاه‌های موجود در حوضه آبریز رودخانه باراندوز چای ارومیه

برای تعیین روابط منطقه‌ای برخی از پارامترها، نیاز به بررسی آمار و اطلاعات ایستگاه‌های هیدرومتری مستقر در حوضه می‌باشد که موقعیت این ایستگاه‌ها در جدول (۲) ارائه شده‌است. در محدوده مورد مطالعه که در ایستگاه هاشم‌آباد می‌باشد، دارای آمار حداکثر دبی پیک لحظه‌ای است.

جدول (۲): نام و موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری واقع در حوضه آبریز رودخانه باراندوزچای ارومیه
Table (2): Names and locations of hydrometric stations located in the Urmia Baranduzchay River watershed

نام ایستگاه		مختصات جغرافیایی		رودخانه	ارتفاع(m)	مساحت(Km2)	دبی (m3/s)
		x	y				
هاشم آباد		۴۹۳۷۱۵	۴۱۲۷۷۵۴	باراندوزچای	۱۵۷۰	۲۶۲	۷/۲۸
قاسملو		۵۱۳۷۷۴	۴۱۳۳۹۷۸	باراندوز چای	۱۳۸۰	۲۸۷	۱/۱۶
دیزج		۵۰۶۵۳۸	۴۱۳۹۰۸۵	باراندوزچای	۱۳۲۰	۶۱۸	۷/۵۸
بابارود		۵۲۰۹۰۵	۴۱۳۹۷۲۱	باراندوزچای	۱۲۸۵	۱۱۶۰	۷/۳۳

با استفاده از تحلیل‌های فراوانی سری‌های فوق، مقادیر دبی پیک لحظه‌ای با توزیع‌های آماری برنامه SMADA به‌ازای دوره برگشت‌های مختلف محاسبه شده‌است.

جهت تعیین مقادیر دبی پیک سیلابی به‌ازای دوره بازگشت‌های مختلف آزمون برازش داده‌ها بر روی آمار موجود انجام گرفته‌شد. در این پژوهش از توزیع‌های آماری نرمال، لوگ نرمال دو پارامتری، لوگ نرمال سه پارامتری، پیرسن نوع سوم، لوگ پیرسن نوع سوم و گامبل

استفاده شده و بعد از تطبیق داده‌های دبی پیک لحظه‌ای با توزیع‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار Easyfit و آزمون کلموگروف – اسمیرنوف[1] توزیع آماری برتر انتخاب شده که نتایج در جداول (۳) و (۴) ارائه گردیده‌است.

جدول (۳): مقادیر دبی پیک لحظه‌ای به‌ازای دوره بازگشت‌های مختلف در محدوده مورد مطالعه، حوضه آبریز رودخانه باراندوزچای ارومیه

Table (3): Instantaneous peak discharge values for different return periods in the study area, Urmia Baranduzchay river watershed

ردیف	نام ایستگاه	توزیع آماری مناسب	دوره بازگشت (m^3/s)					
			۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
۱	هاشم آباد	لوگ پیرسون تیپ ۳	۶۶	۱۱۰	۱۴۴	۱۹۴	۲۳۶	۲۸۱

جدول (۴): آماره‌های آزمون کلموگروف – اسمیرنوف به‌دست آمده از تطبیق داده‌های دبی پیک لحظه‌ای با توزیع‌های آماری مختلف

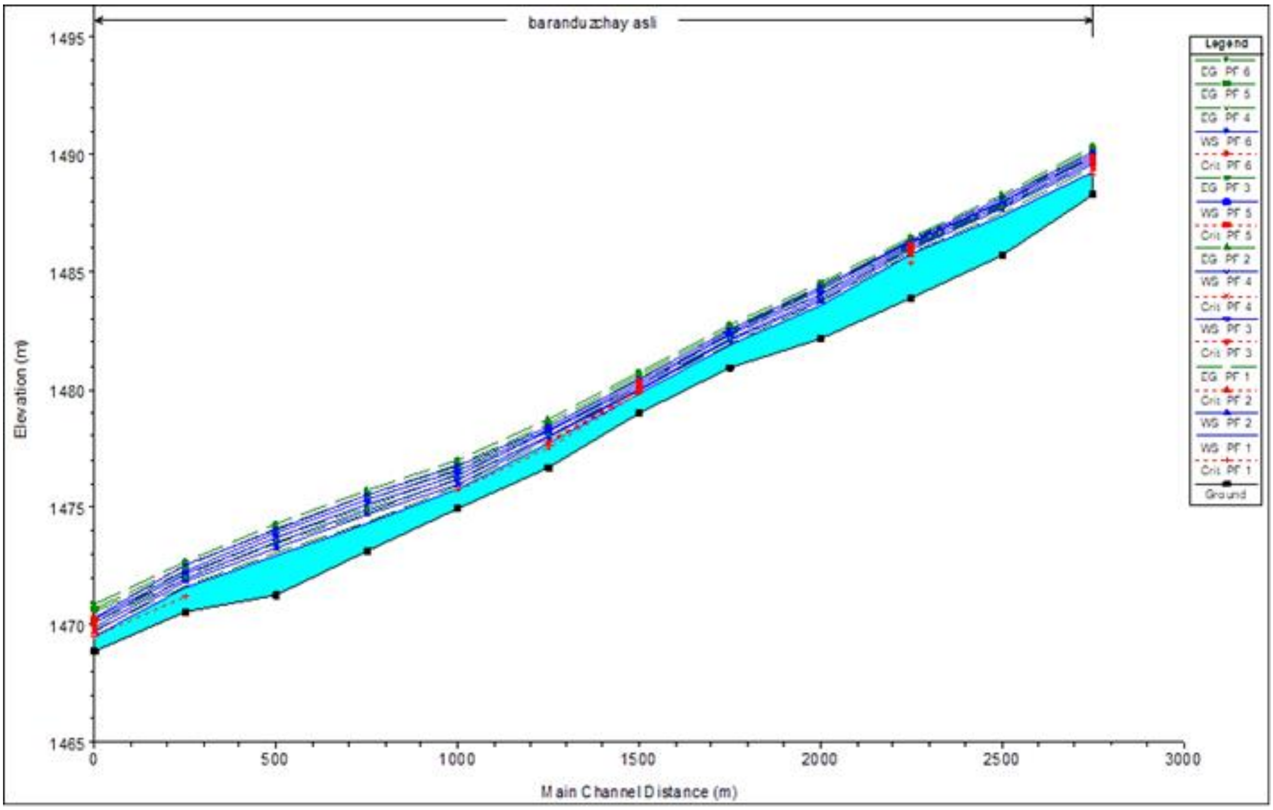
Table (4): The statistics of the Kolmogorov-Smirnov test obtained by matching the instantaneous peak discharge data with different statistical distributions

نام ایستگاه	توزیع های آماری					
	گامبل	لوگ پیرسون تیپ ۳	پیرسون تیپ ۳	لوگ نرمال ۳ پارامتره	لوگ نرمال ۲ پارامتره	نرمال
هاشم آباد	۰/۱۲۸۶	۰/۱۰۵۳	۰/۱۱۳۴	۰/۱۰۸۴	۰/۱۰۷۷	۰/۱۸۸۰

نتایج و بحث

بعد انجام محاسبات پروفیل جریان ماندگار در مدل، می‌توان نتایج شبیه‌سازی شده توسط مدل را به‌عنوان خروجی استخراج کرد. این خروجی‌های مدل هیدرولیکی HEC-RAS شامل نمودارهای مقاطع عرضی، پروفیل‌های طولی و عرضی، منحنی سنجه‌های آب، نمودارهای سه بعدی، خروجی جدول‌گونه برای هر مقطع عرضی و خروجی جدول‌گونه چند مقطع عرضی را می‌دهد. باتوجه به سناریوی از پیش تعیین‌شده که در آن برداشت یک الی دو متر در نظر گرفته‌شده‌است، می‌توان پروفیل سطحی آب به‌ازای دوره بازگشت‌های مختلف، پروفیل طولی، توزیع سرعت جریان، حجم زیر منحنی ذخیره، عمق بحرانی آب، شعاع هیدرولیکی، سطوح خیس‌شده، عمق میانگین برداشت‌های مختلف، عدد فرود و نوع رژیم جریان (ترکیبی، زیربحرانی و فوق بحرانی) را در مقاطع مختلف استخراج نمود که در زیر به آن‌ها اشاره شده‌است.

1- Kolmogorov–Smirnov test



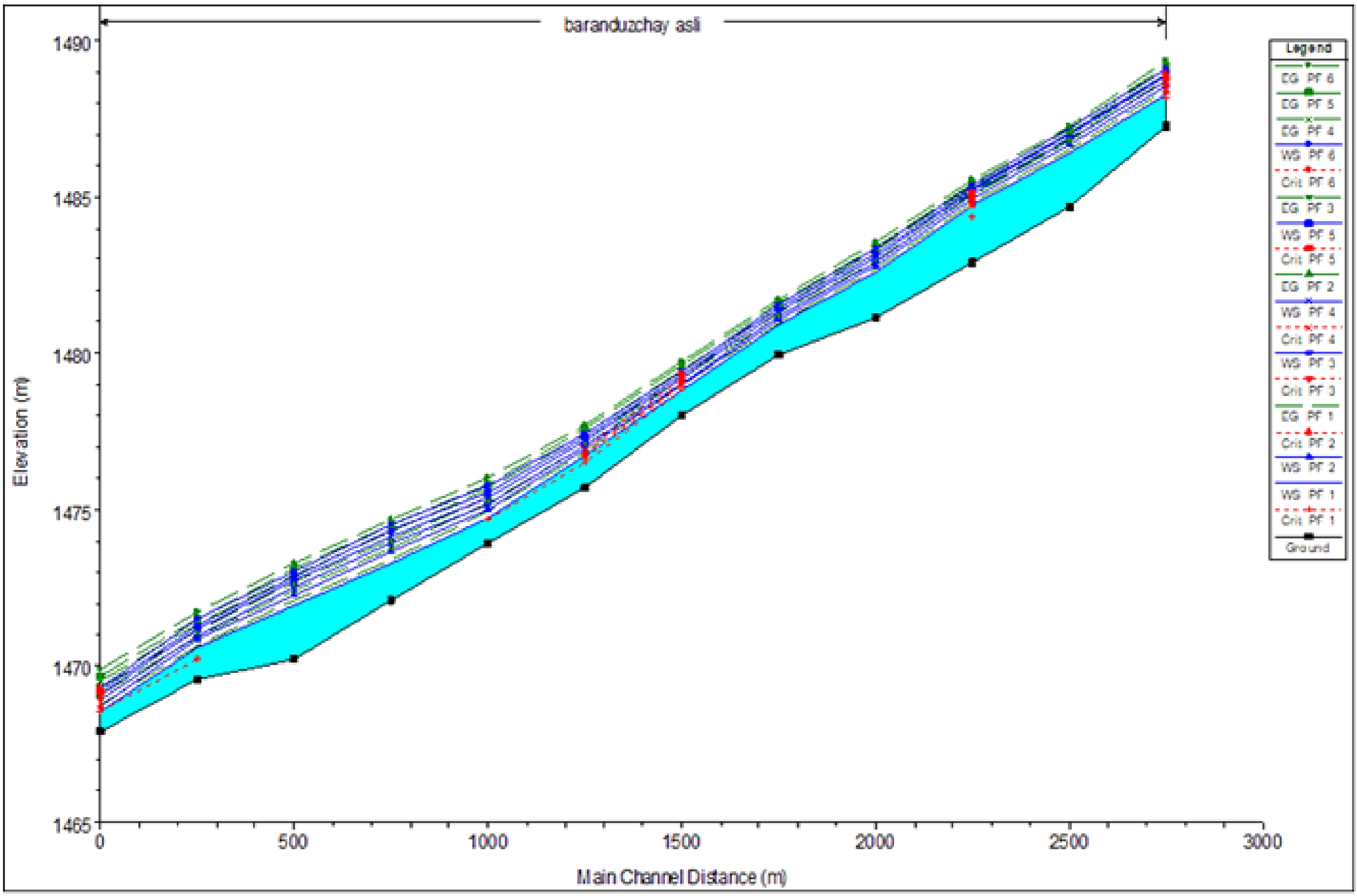
شکل (۴): پروفیل طولی سطح آب با دوره بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله قبل از برداشت شن و ماسه

Figure (4): Longitudinal profiles of water surface with return periods of 2, 5, 10, 25, 50 and 100 years before sand mining

شبیه‌سازی پروفیل سطح آب در مقطع قبل و بعد از محل کارگاه ماسه شوئی

نتایج شبیه‌سازی پروفیل سطح آب نشان می‌دهد در پلان های قبل از برداشت و سناریوی برداشت یک الی دو متر به‌دلیل تغییر ریخت‌سنجی رودخانه باعث تغییر رفتار سیلابی رودخانه می‌شود. تحلیل پروفیل طولی و سرعت جریان در سناریوی قبل از برداشت نشان می‌دهد که در اولین مقطع هندسی که فاصله ۱۵۰۰ متری تا محل کارگاه دارد، سرعت از ۱/۱۲ متر بر ثانیه در دوره بازگشت ۲ ساله به ۱/۱۷ متر بر ثانیه در محل کارگاه و ۲/۲۱ متر بر ثانیه در آخرین مقطع هندسی بعد از محل کارگاه می‌رسد شکل (۴).

افزایش سرعت باعث می‌شود که سطح مقطع در همین محل قبل از کارگاه ماسه شوئی از ۳۷/۹۲ متر مربع به ۳۰/۳۱ متر مربع در آخرین سطح مقطع هندسی برسد انجام این سناریو برای اولین و آخرین مقطع هندسی با دوره بازگشت ۱۰۰ سال باعث افزایش سرعت از ۲/۱۳ به ۳/۲۲ متر بر ثانیه می‌شود. بدلیل اینکه برآیند نیروهای حاصل از سیلاب بالادست به سمت کنار رودخانه‌ای می‌باشد این امر به مرور موجب کف‌کنی می‌شود. با توجه به شکل (۴) به‌دلیل افت انرژی ناشی از وجود تغییرات بین دو سطح مقطع هندسی، اختلاف سرعت در معادله انرژی با تاثیر ضریب تنگ شدگی و بازشدگی اعمال می‌شود. این ضریب به‌دلیل تغییرات کم و تدریجی سرعت، برای تنگ‌شدگی ۰/۱ و بازشدگی ۰/۳ در نظر گرفته‌شد.



شکل (۵): پروفیل طولی سطح آب با دوره بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله با برداشت یک متری شن و ماسه

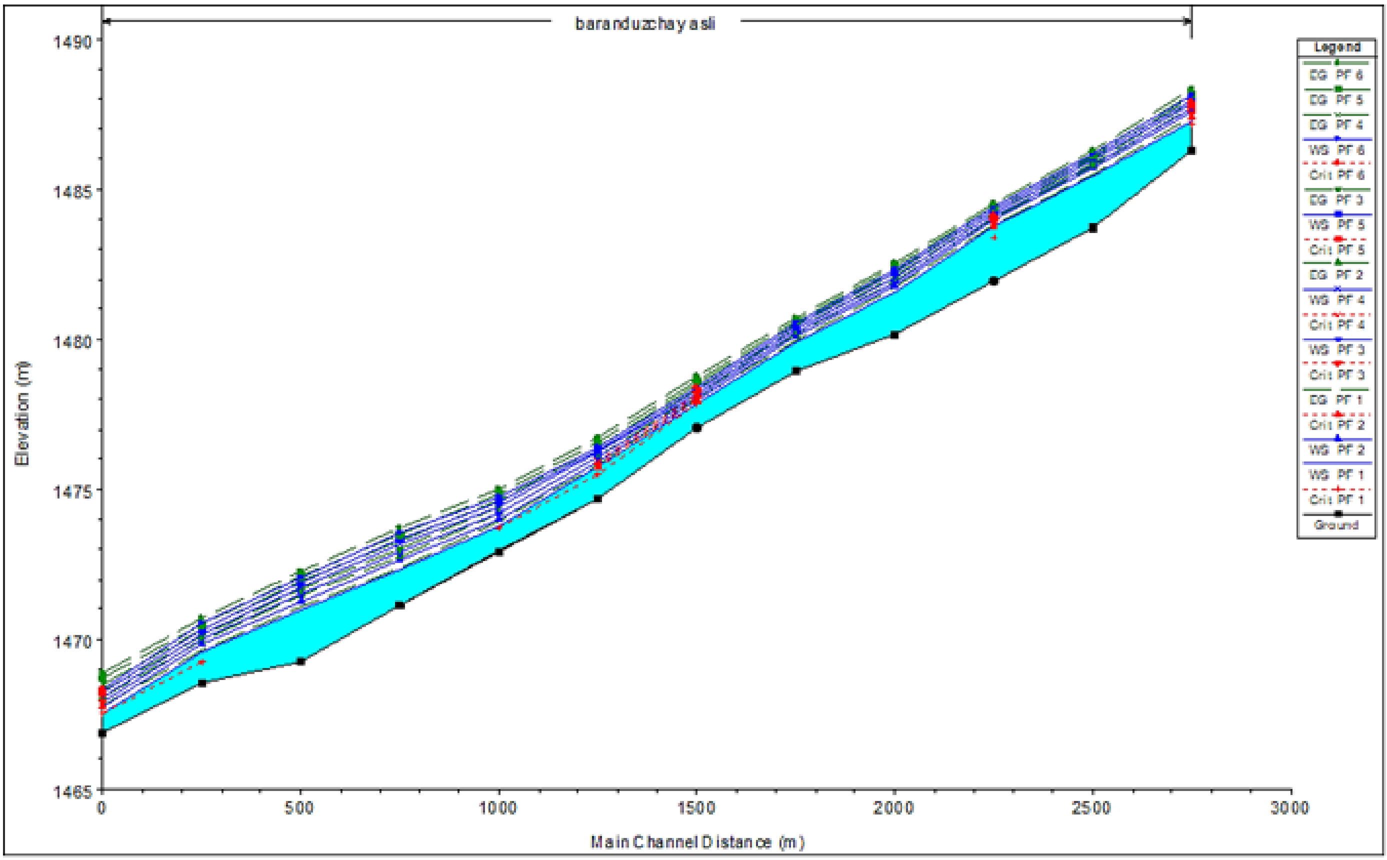
Figure (5): Longitudinal profiles of water surface with return periods of 2, 5, 10, 25, 50 and 100 years in one meter sand mining

همان‌طور که در شکل (۵) نشان داده شده‌است، ارتفاع پروفیل آب در اولین مقطع هندسی حدود ۲ متر است. نتایج نشان می‌دهد هرچقدر به مقطع ۱۵۰۰ که محل کارگاه ماسه‌شوئی است نزدیک می‌شویم تراز آب کاهش پیدا می‌کند. از ۳۰۰ متر مانده به محل کارگاه تغییرات ارتفاع آب به‌طور کامل مشهود است.

پروفیل‌های سطحی آب (WS) با دوره بازگشت‌های ۱ تا ۶ مشخص گردیده که همان دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله است. همان‌گونه که در شکل‌های زیر مشهود است فاصله بین این پروفیل‌ها در مقطع قبل از کارگاه ماسه‌شوئی از هم دور است و بعد از مقطع ۱۵۰۰ به‌دلیل افزایش سرعت، پروفیل‌های سطحی آب بهم نزدیک می‌شوند.

با برداشت یک متر از بستر رودخانه با دوره بازگشت ۲ ساله سرعت از ۱/۶۷ متر بر ثانیه به ۲/۱۸ متر بر ثانیه در دوره بازگشت ۱۰۰ سال می‌رسد درصورتیکه این مقدار برای برداشت دو متر به‌ازای دوره بازگشت ۲ ساله برابر است با ۱/۷۴ متر بر ثانیه است که این مقدار به ۲/۳۳ متر بر ثانیه با دوره بازگشت ۱۰۰ سال می‌رسد.

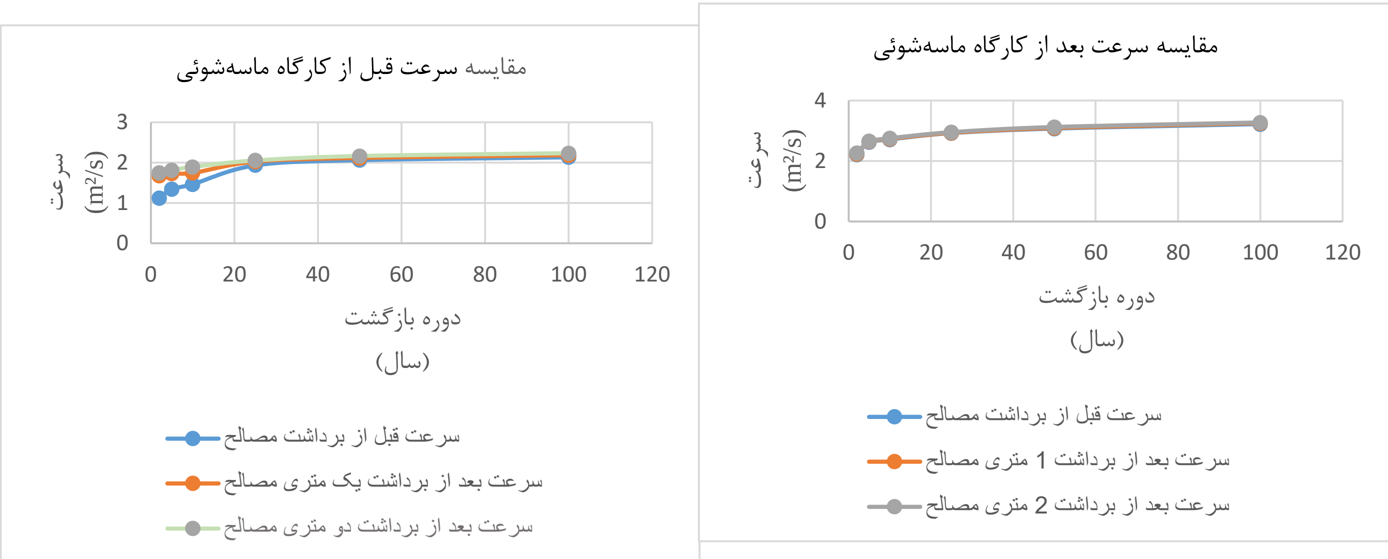
1- Water Surface Profiles



شکل (۵): پروفیل طولی سطح آب با دوره بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله با برداشت دو متری شن و ماسه

Figure (5): Longitudinal profiles of water surface with return periods of 2, 5, 10, 25, 50 and 100 years in two meter sand mining

با توجه به نتایج حاصل از اعمال سناریوهای برداشت یک و دو متر در اولین و آخرین مقطع هندسی در جدول (۵) و نمودار شکل‌های (۶) و (۷) نشان می‌دهد که سرعت به ترتیب در دوره بازگشت ۲ ساله به ۲/۲۳ و ۲/۲۶ متر بر ثانیه و در دوره بازگشت ۱۰۰ سال این عدد برای برداشت یک متر برابر ۳/۲۵ متر بر ثانیه و برداشت دو متر برابر ۳/۲۷ متر بر ثانیه می‌رسد.



شکل (۶): نمودار مقایسه تغییرات سرعت در اولین و آخرین مقطع هندسی قبل و بعد از برداشت شن و ماسه

Figure (6): Longitudinal profiles of water surface with return periods of 2, 5, 10, 25, 50 and 100 years in two meter sand mining

شکل (۷): نمودار مقایسه تغییرات سرعت در اولین و آخرین مقطع هندسی قبل و بعد از برداشت شن و ماسه

Figure (7): Longitudinal profiles of water surface with return periods of 2, 5, 10, 25, 50 and 100 years in two meter sand mining

شرایط بعد از برداشت شن و ماسه پروفیل طولی سطح آب نسبت به شرایط قبل از برداشت در سطح بالاتری است و این امر نشان‌دهنده کف کنی است. در آخرین سطح مقطع که نزدیک پل روستای هاشم‌آباد است، کف رودخانه بالاتر از مقطع قبل از برداشت قرار دارد که این موجب تخریب پل و سایر سازه‌های آبی می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که سرعت در هر مقطع به‌ازای هر دوره بازگشت بطور میانگین ۱٪ افزایش و سطح مقطع ۱٪ کاهش می‌یابد که این امر باعث ایجاد حفره‌های آورد رسوب شده ، جریان آشفته شده و ظرفیت انتقال و پیوستگی رسوبات را بهم می‌ریزد. همچنین سبب تخریب و فرسایش کنار رودخانه‌ای و ریزش سواحل و افزایش توان رسوب‌گذاری می‌شود. به عبارتی به‌ازای برداشت ۱ متر مربع از مقطع رودخانه، سرعت به طور میانگین در هر دوره بازگشت در همان مقطع هندسی ۰/۰۲ متر بر ثانیه افزایش می‌یابد. این مقدار برای بازه مورد مطالعه که به طول ۳ کیلومتر می‌باشد بدست آمده است.

در حالیکه برداشت‌های متعدد و بیش از ظرفیت مجاز در رودخانه‌های منتهی به حوضه آبریز دریاچه ارومیه همه روزه در حال انجام است، تغییرات ایجاد شده در سرعت و سطح مقطع در ابعاد بزرگتر باعث ایجاد خسارات‌های مالی و جانی، مخاطراتی از قبیل تخریب کناره‌های رودخانه‌ها و تغییر پروفیل طولی بستر و در نهایت پایین رفتن سفره‌های زیر زمینی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه می‌شود.

یکی از مهم ترین پارامترهای موثر در تغییر پروفیل طولی بستر و ایجاد پدیده فرسایش در رودخانه، تنش برشی می‌باشد.

جدول (۵): مقایسه تغییرات سطح مقطع و سرعت در قبل و بعد از برداشت شن و ماسه

Table (5): Comparison of changes in cross section and velocity before and after sand mining

سطح مقطع(متر مربع)	سرعت(متر بر ثانیه)	دبی(متر مکعب بر ثانیه)	دوره بازگشت (سال)	اولین مقطع هندسی
۳۷/۹۲	۱/۱۲	۶۶	۲	قبل از برداشت
۶۰/۹۵	۱/۳۴	۱۱۰	۵	
۷۶/۶۳	۱/۴۶	۱۴۴	۱۰	
۹۵/۸۴	۱/۹۳	۱۹۴	۲۵	
۱۰۶/۵۹	۲/۰۶	۲۳۶	۵۰	
۱۲۸/۷۷	۲/۱۳	۲۸۱	۱۰۰	
۳۷/۴۵	۱/۶۷	۶۶	۲	برداشت یک متر
۶۰/۲۵	۱/۷۳	۱۱۰	۵	
۷۶/۲۸	۱/۷۴	۱۴۴	۱۰	
۹۴/۵۷	۲/۰۲	۱۹۴	۲۵	
۱۰۶/۲۶	۲/۱۱	۲۳۶	۵۰	
۱۲۸/۵۱	۲/۱۸	۲۸۱	۱۰۰	
۳۷/۰۶	۱/۷۴	۶۶	۲	برداشت دو متر
۵۹/۷۸	۱/۸۱	۱۱۰	۵	
۷۵/۹۸	۱/۸۹	۱۴۴	۱۰	
۹۴/۱۳	۲/۰۵	۱۹۴	۲۵	
۱۰۵/۹۵	۲/۱۶	۲۳۶	۵۰	
۱۲۸/۰۱	۲/۲۳	۲۸۱	۱۰۰	
سطح مقطع(متر مربع)	سرعت(متر بر ثانیه)	دبی(متر مکعب بر ثانیه)	دوره بازگشت (سال)	آخرین مقطع هندسی
۳۰/۳۱	۲/۲۱	۶۶	۲	قبل از برداشت
۴۴/۰۶	۲/۶۲	۱۱۰	۵	
۵۵/۲۶	۲/۷۱	۱۴۴	۱۰	
۶۹/۴۶	۲/۹۲	۱۹۴	۲۵	
۸۰/۱۷	۳/۰۷	۲۳۶	۵۰	
۸۸/۵۶	۳/۲۲	۲۸۱	۱۰۰	
۲۹/۱۶	۲/۲۳	۶۶	۲	برداشت یک متر
۴۳/۶۱	۲/۶۴	۱۱۰	۵	
۵۴/۸۱	۲/۷۳	۱۴۴	۱۰	
۶۹/۱۹	۲/۹۳	۱۹۴	۲۵	
۸۰/۰۵	۳/۰۹	۲۳۶	۵۰	
۸۸/۱۳	۳/۲۵	۲۸۱	۱۰۰	
۲۸/۷	۲/۲۶	۶۶	۲	برداشت دو متر
۴۳/۱	۲/۶۵	۱۱۰	۵	
۵۴/۲۹	۲/۷۵	۱۴۴	۱۰	
۶۹/۷۴	۲/۹۵	۱۹۴	۲۵	
۷۹/۷۲	۳/۱۲	۲۳۶	۵۰	
۸۸/۶۷	۳/۲۷	۲۸۱	۱۰۰	

از پژوهش فوق می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش برداشت عمقی از بستر رودخانه ظرفیت حمل رودخانه در پایین دست گودال بیشتر شده و تجمع رسوبات آورده شده از بالادست در چاله‌های برداشت افزایش می‌یابد. رودخانه باراندوزچای بدلیل برداشت‌های متعدد شن

و ماسه موجب افزایش شیب بستر گردیده است. افزایش شیب بستر رودخانه باعث افزایش سرعت جریان می‌شود و این امر سبب افزایش فرسایش در بالادست چاله‌های برداشت می‌شود و بدلیل تله اندازی رسوبات در چاله‌های برداشت، فرسایش در پایین دست نیز ادامه می‌یابد.

ایجاد گودال و حفره‌های حاصل از برداشت باعث می‌شود که میزان سطح مقطع کاهش و سرعت افزایش یابد و در نتیجه این کار باعث افزایش رسوب‌گذاری، بهم خوردن تعادل ورودی و خروجی رسوبات، تخریب سازه‌های آبی پایین دست، کاهش تراز آب، کاهش کیفیت آب و تخریب محیط زیست می‌شود. به همین علت صدور مجوز، سینه‌کار محدوده و مقدار برداشت عمقی و سطحی در جهتی باشد که سبب خسارات مستقیم و غیرمستقیم به رودخانه نشود.

تمامی این موارد باعث می‌شود تا رودخانه در وضعیت سیلابی قرار بگیرد و گودال‌های حاصل شده از برداشت شن و ماسه سبب تغییر پروفیل طولی مجرای رودخانه می‌شود و دلیل آن کف‌کنی شدید و کاهش تراز سطح آب می‌باشد.

نتیجه‌گیری

رودخانه‌ها یکی از مهم‌ترین منابع تأمین مصالح ساختمانی مثل شن و ماسه هستند. به سبب توسعه پروژه‌های عمرانی همواره مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند و منافع مالی زیادی برای برداشت‌کنندگان دارد. چنانکه برداشت غیر اصولی و حتی بیشتر از ظرفیت مجوزهای صادر شده انجام شود سبب خسارات جبران‌ناپذیر از جمله بهم‌خوردن تعادل طبیعی رودخانه و تغییر سیمای طبیعی رودخانه می‌شود. دسترسی آسان و عدم برخورد جدی با متجاوزان به رودخانه‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه باعث جری تر شدن آنان شده است. به همین دلیل لازم‌است با کسب آگاهی و مطالعه کافی از رفتار هیدرولیکی رودخانه از خسارات مالی و جانی جلوگیری کرد.

بررسی نمودار ها و نتایج بدست‌آمده از پژوهش فوق برای دوره بازگشت‌های ۲ تا ۱۰۰ سال انجام گرفته‌شده است و با فرض اینکه که در محدوده مورد مطالعه حوضه آبریز رودخانه باراندوزچای، دبی برای مقاطع هندسی موجود با دوره بازگشت‌های مختلف (۲ تا ۱۰۰ سال) ثابت فرض شده، نشان می‌دهد که با افزایش برداشت عمقی از رودخانه سطح مقطع کاهش و سرعت افزایش می‌یابد که همین امر موجب افزایش توان رسوب‌گذاری، فرسایش کنار رودخانه‌ای، تخریب زمین‌های زراعی اطراف و سازه‌های آبی می‌شود. تمامی این موارد موجب مشکلات زیست محیطی، اقتصادی، اجتماعی و امنیتی می‌گردد.

با توجه به نتایج و یافته‌های به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر می‌توان موارد زیر را در تداوم و یا تکمیل مطالعه موجود پیشنهاد نمود:

۱. برداشت شن و ماسه در صورتی که سبب لایروبی و حذف موانع موجود در مسیر رودخانه شود و منجر به اصلاح مقطع هندسی گردد، می‌تواند تأثیر مثبتی در افزایش سطح مقطع و کاهش سرعت و ضریب زبری شود.
۲. در محل اصلی پیچان‌رودها برداشت بایستی از طرف کناره داخلی پیچان‌رود انجام شود زیرا برداشت رسوبات دپو شده موجب افزایش ظرفیت رودخانه و سطح مقطع حرکت جریان خواهد شد زیرا برداشت از سمت کناره خارجی رودخانه سبب افزایش رسوب‌گذاری، ایجاد سیلاب، کاهش زمان دبی پیک و اثرات منفی بر محیط‌زیست و کیفیت آب می‌شود.
۳. به‌دلیل تغییرات شیب و ارتفاعی بستر رودخانه از بالادست به پایین دست بهتر است برداشت مصالح در محل‌هایی از مقاطع هندسی رودخانه انجام شود که عمق و پهنای یکسانی داشته باشند تا از تغییر مسیر رودخانه و انحراف جریان و ایجاد پیچان‌رودهای اضافه جلوگیری شود.

References

Abghari, H., 2004. Flood zoning hazard using mathematical model and GIS. Master Thesis, Tehran University.

Amiri, A., 2014. Assessing the effects of sand mining on the flow discharge and sediment transfer using HEC-RAS mathematical model (Case study: Khuzestan Jarahi river). Master Thesis, Lorestan University.

Bayati Khatibi, M., & Sari Sarraf, B. (2024). Identifying the centers at risk of wind erosion around Lake Urmia(Case study: Bonab and Malekan cities). Hydrogeomorphology, 11(39), 143-122. doi: 10.22034/hyd.2024.60434.1728.

Brown, R. D., Kenny, N., & Corry, R. C. (2011). Testing the microclimatic habitat design framework in abandoned sand and gravel extraction sites using the Karner blue butterfly. Ecological Restoration, 29(1-2), 52-63.

Calle, M., Alho, P., & Benito, G. (2017). Channel dynamics and geomorphic resilience in an ephemeral Mediterranean river affected by gravel mining. Geomorphology, 285, 333-346.

Hedayatipur, K., 2011. Research on effect of sand and gravel mining from rivers on morphological changes using HEC-RAS Case study: Khoshkerud River of farsan. Master Thesis, Shahrekord University.

Hernandez, M., Scarr, S., & Daigle, K. (2021). The messy business of sand mining explained. https://www.reuters.com/graphics/GLOBAL-ENVIRONMENT/SAND/ygdpzekyavw/.

Honarbakhsh, A., Hedayatipur, K., & Samadi, H. (2020). Research on effects of sand and gravel mining on hydro morphological behavior of river channel Case study: Khoshkerud River of farsan at province Chaharmahal & Bakhtiari. Quantitative Geomorphological Research, 9(1), 203-216. doi: 10.22034/gmpj.2020.109543.

Koehnken, L., Rintoul, M. S., Goichot, M., Tickner, D., Loftus, A. C., & Acreman, M. C. (2020). Impacts of riverine sand mining on freshwater ecosystems: A review of the scientific evidence and guidance for future research. River Research and Applications, 36(3), 362-370.

Kondolf, G. M. (1997). PROFILE: hungry water: effects of dams and gravel mining on river channels. Environmental management, 21(4), 533-551.

Lusiagustin, V., & Kusratmoko, E. (2017, July). Impact of sand mining activities on the environmental condition of the Komering river, South Sumatera. In AIP Conference Proceedings (Vol. 1862, No. 1, p. 030198). AIP Publishing LLC.

Mostafazadeh, R., Zabihi Silabi, M., & Kazemi, M. (2024). Temporal analysis of river flow health index of the Shahrchai river under the dam regulating effect. Hydrogeomorphology, 11(39), 121-101. doi: 10.22034/hyd.2024.60280.1726.

Rinaldi, M., Wyżga, B., & Surian, N. (2005). Sediment mining in alluvial channels: physical effects and management perspectives. River research and applications, 21(7), 805-828.

Wang, D., Bradford, S. A., Harvey, R. W., Gao, B., Cang, L., & Zhou, D. (2012). Humic acid facilitates the transport of ARS-labeled hydroxyapatite nanoparticles in iron oxyhydroxide-coated sand. Environmental science & technology, 46(5), 2738-2745.

Yao, J., Zhang, D., Li, Y., Zhang, Q., & Gao, J. (2019). Quantifying the hydrodynamic impacts of cumulative sand mining on a large river-connected floodplain lake: Poyang Lake. Journal of Hydrology, 579, 124156.

Yuen, K.W., Park, E., Tran, D.D. et al. Extent of illegal sand mining in the Mekong Delta. Commun Earth Environ 5, 31 (2024). https://doi.org/10.1038/s43247-023-01161-1.

Zahra Moradi, Ghorban Vahabzadekebriya, S.R. Mousavi, S.A. Hosseini Yekani, (2023). Investigating the Effect of Sand Mining on Social, Ecological and Environmental Status of Khatirkuh Watershed, Mazandaran, Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering, 17(60), 1-10. magiran.com/p2571486.

Zhai, W., Ding, J., An, X., & Wang, Z. (2020). An optimization model of sand and gravel mining quantity considering healthy ecosystem in Yangtze River, China. Journal of Cleaner Production, 242, 118385.