

مدل سازی آزمایشگاهی مقایسه عملکرد هیدرولیکی آبگیر کفی متخلخل یک و سهوجهی

مهدی اسدی^۱، سید عباس حسینی^{۲*} و کاوه آهنگری^۳

چکیده

یکی از متداول ترین آبگیرها در رودخانه ها و آبراهه های با شیب تند، آبگیر کفی است. به دلیل مشکلات فنی آبگیرهای میله ای مشبک فلزی مرسوم، آبگیر متخلخل با مصالح طبیعی می تواند جایگزین مناسبی برای این نوع آبگیر باشد. در این تحقیق با استفاده از یک مدل آزمایشگاهی به مقایسه عملکرد هیدرولیکی آبگیر کفی با ساختار یک و سهوجهی پرداخته شد. برای این منظور دو نمونه از این سازه ها با دانه بندی های مختلف، شرایط هیدرولیکی و شیب های مختلف کانال اصلی، آزمایش و نتایج آنها در شرایط یکسان مقایسه شد. نتایج نشان داد اثر شیب کانال اصلی در محدوده شیب های این تحقیق بر عملکرد آبگیر ناچیز است. درصد دبی گذرنده از آبگیر متخلخل نسبت به دبی کل، با افزایش دبی کل کاهش می یابد. نتایج نشان می دهد علاوه بر قطر متوسط مصالح مورد استفاده به عنوان فیلتر متخلخل، توزیع دانه بندی و تخلخل مؤثر مصالح نیز بر کسر دبی گذرنده از آبگیر در هر دو نوع ساختار یک و سهوجهی تأثیرگذار است. همچنین مقایسه ساختار یک و سهوجهی نشان داد به طور متوسط، دبی گذرنده از مدل سهوجهی ۶ درصد بیشتر از آبگیر تکوجهی است.

واژه های کلیدی: آبگیر متخلخل، جریان متغیر مکانی، محیط متخلخل، مدل فیزیکی.

ارجاع: اسدی م. حسینی س. ع. و آهنگری ک. ۱۴۰۲ مدل سازی آزمایشگاهی مقایسه عملکرد هیدرولیکی آبگیر کفی متخلخل یک و سهوجهی. مجله پژوهش آب ایران. ۵۰: ۲۰-۱۱. <https://dx.doi.org/10.22034/IWRJ.2023.14254.2497>

۱- دانشجوی دکتری، دانشکده عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران.

۲- دانشیار دانشکده عمران دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران.

۳- دانشیار دانشکده فنی و مهندسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

*نویسنده مسئول: abbas_hoseyni@srbiau.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۰۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۲۸

مقدمه

برای آبیگری از رودخانه‌ها از روش‌های متعددی استفاده می‌شود که هریک ویژگی‌ها، محدودیت‌ها، مزایا و معایب خاص خود را دارند. یکی از نکات مهم طراحی آبگیر، تناسب آبگیر با شرایط اقلیمی و رژیم جریان رودخانه است. آب منحرف شده از رودخانه‌ها باید دارای حداکثر بده جریان و حداقل بده رسوب باشد، زیرا ورود رسوب به آبگیر و در نتیجه شبکه انتقال منجر به کاهش بازده آبیگری و کاهش عمر سازه می‌شود (نشریه ۵۰۹، ۱۳۸۸). آبیگری از رودخانه معمولاً به دو روش پمپاژ و ثقلی انجام می‌شود. انتخاب یکی از این دو بستگی به هدف طرح، شرایط رودخانه و میزان آب مورد نیاز دارد. دائمی بودن، عدم نیاز به مصرف انرژی و هزینه بهره‌برداری کمتر، روش ثقلی را بر روش پمپاژ ارجحیت داده است. آبیگری به روش ثقلی توسط سه دسته آبگیرهای جانبی، جلویی و کفی صورت می‌گیرد. در آبراهه‌ها و رودخانه‌های با شیب تند و رسوبات درشت‌دانه، به دلیل ناپایداری و عمق کم جریان، معمولاً امکان استفاده از آبگیرهای جلویی و کناری متداول وجود ندارد؛ بنابراین در این آبراهه‌ها معمولاً از آبگیر کفی استفاده می‌شود (ریگتی و لانزونی، ۲۰۰۸).

آبگیرهای کفی سازه‌هایی هستند به شکل یک سرریز با ارتفاع کم که در عرض رودخانه ساخته می‌شوند و در قسمت پایین آن‌ها کانالی برای انحراف آب رودخانه در نظر گرفته می‌شود. با بررسی توأم هیدرولیک و هندسه، آبگیر کفی یکی از بهترین گزینه‌ها برای رفع مشکل آبیگری به خصوص در سرشاخه‌های رودخانه است. هزینه پایین، نیاز به مراقبت کمتر و امکان انحراف ۱۰۰ درصد جریان رودخانه در زمان کم‌آبی از جمله مزایای این نوع آبگیر است. این سازه بر خلاف روش معمولی احداث سدهای انحرافی، رژیم طبیعی رودخانه را نیز حفظ می‌کند (کمان بدست و شفاعی بجستان، ۱۳۸۷). در آبگیرهای کفی به منظور جلوگیری از ورود رسوبات درشت‌دانه و اجسام شناور از یک شبکه فلزی برای پوشش روی کانال انحراف استفاده می‌شود. این نوع آبگیر تاکنون توسط محققان زیادی مطالعه شده است.

برونلا و همکاران (۲۰۰۳) ضریب تخلیه در آبگیر کفی مشبک با میله‌های متقاطع را در آب زلال بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که آبگیر با کف مشبک متقاطع

عملکرد سازه‌ای بهتری نسبت به آبگیر کفی با میله‌های طولی و عرضی دارد و براساس نتایج حاصل رابطه برازش غیرخطی به منظور تخمین مقادیر ضریب تخلیه مشبک ارائه کردند. کومار و همکاران (۲۰۱۰) عملکرد هیدرولیکی آبگیرهای مشبک را در شرایط آزاد و مستغرق بررسی کرده و روابطی برای ضریب آبگذری آن‌ها در شرایط آزاد و مستغرق ارائه دادند. کومار و احمد (۲۰۱۰) در یک تحقیق آزمایشگاهی، میزان رسوبات جمع شده در آبگیر کفی مشبک را بررسی کردند و براساس داده‌های آزمایشگاهی معادله‌ای برای درصد رسوبات وارد شده به کانال انحراف را ارائه کردند. کاستیلو و همکاران (۲۰۱۶) طی مطالعه آزمایشگاهی و عددی، آبگیرهای کف مشبک در جریان زلال و جریان رسوب‌دار را بررسی و شیب ۳۰ درصد را به عنوان شیب بهینه برای آبگیر کفی مشبک پیشنهاد کردند. کاستیلو و همکاران (۲۰۱۸) به صورت آزمایشگاهی و عددی کف مشبک ساخته شده از میله‌های T شکل در جریان آب زلال را مورد مطالعه قرار دادند و با تغییر در پارامترهایی مانند شیب طولی، نسبت فضای خالی و جریان نزدیک شونده تغییرات طول مرطوب شبکه، ضریب تخلیه و پروفیل سطح آب را اندازه‌گیری و برای مدل سازی از نرم افزار ANSYS CFX استفاده کردند. کاریلو و همکاران (۲۰۱۸) آبگیر کفی با میله‌های دایره‌ای را با مدل سازی آزمایشگاهی و عددی مطالعه کردند. در این تحقیق دقت مدل سازی عددی با ANSYS CFX برای حل مسائل آبگیر کفی کنترل شد. آنها همچنین ضریب تخلیه آبگیر کفی با میله‌های دایره‌ای را بزرگتر از میله‌های T شکل به دست آوردند.

از مهم‌ترین مشکلات موجود در زمینه استفاده از آبگیرهای کفی، تجمع رسوبات روی شبکه آشغال‌گیر و بلافاصله بعد از این شبکه است. همچنین رسوباتی که اندازه آن‌ها از فاصله بین میله‌ها کمتر است، از میان میله‌ها عبور کرده و در کانال آبگیر ته‌نشین می‌شوند (رزاز و مغربی، ۱۳۸۷). تجمع رسوبات روی شبکه آشغال‌گیر و در کانال آبگیر و همچنین گرفتار شدن رسوبات در فضای خالی شبکه آشغال‌گیر باعث کاهش راندمان، کم شدن کارایی و افزایش هزینه‌های بهره‌برداری این سیستم آبیگری خواهد شد. برای برطرف کردن این مشکلات، جایگزینی کف مشبک با محیط متخلخل مطرح شده است. هرچند روش اخیر نیز دارای محدودیت‌هایی است،

هدف اصلی این تحقیق، مقایسه آزمایشگاهی عملکرد هیدرولیکی آبگیر کفی یک و سه‌وجهی است. برای این منظور دو نمونه آبگیر یک و سه‌وجهی در شرایط هیدرولیکی مختلف مورد آزمایش قرار گرفته‌اند. همچنین اثر پارامترهای شیب کف کانال اصلی و دانه‌بندی مصالح محیط متخلخل اطراف آبگیر بررسی شده است. در قسمت اول نتایج عملکرد آبگیر سه‌وجهی و در قسمت دوم عملکرد هیدرولیکی مدل تک‌وجهی متناظر آن‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. در قسمت سوم نتایج عملکرد این دو نوع آبگیر با هم مقایسه شده است. همچنین در بخش پایانی ضریب دبی این دو نوع آبگیر مقایسه شده است.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌های این تحقیق در فلوم آزمایشگاهی به طول، عرض و ارتفاع به ترتیب ۱۱، ۰/۵ و ۰/۵ متر در مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی خراسان رضوی انجام شد. برای تشکیل کانال آبگیر کفی، در قسمت انتهایی فلوم مطابق با شکل ۱ کانال به‌صورت دوطبقه تغییر وضعیت داده شد. به این صورت که کانال بالایی نقش کانال اصلی یا رودخانه و کانال زیرین نقش کانال آبگیر را ایفا می‌کند. دبی کانال اصلی و کانال آبگیر در انتها به‌صورت جداگانه توسط سرریز لبه تیز مثلی اندازه‌گیری شد. برای کاهش آشفتگی و توسعه‌یافتگی کامل جریان در ورودی فلوم و همچنین جریان پشت سرریزهای مثلی، از سه آرام‌کننده در این سه مکان استفاده شد. بستر کانال در بالادست و پایین‌دست آبگیر کفی با استفاده از مصالح با دانه‌بندی مشابه رودخانه بسترسازی شد. در قسمت آبگیر کفی، فیلتر آبگیر توسط یک توری با مش ریز محافظت شد. در عمل می‌توان این قسمت را با دانه‌بندی مناسب در مقابل فرسایش محافظت کرد.

در این تحقیق مطابق با شکل ۲، دو مدل آبگیر مورد آزمایش قرار گرفت. برای قسمت متخلخل آبگیر سه دانه‌بندی مختلف از ذرات مطابق با شکل ۴ با قطر متوسط، ۱/۹۴، ۲/۵ و ۴/۱۳ میلی‌متر (در محدوده شن ریز رودخانه‌ای) استفاده شد. همچنین برای بررسی اثر شیب کانال اصلی، با توجه به قابلیت تغییر شیب فلوم آزمایشگاهی، آزمایش‌ها برای دو شیب ۱ و ۱/۶۷ درصد انجام شد. عمق در کانال به کمک عمق‌سنج با دقت ۰/۱

اما مزایای متعدد و قابل‌توجه آن جایگزینی آن را مورد تأیید قرار می‌دهد. این نوع آبگیر، آبگیر محیط متخلخل نامیده می‌شود. در ساده‌ترین حالت برای احداث آن، یک ترانشه در کف رودخانه حفر می‌شود، سپس این ترانشه با مصالحی با دانه‌بندی مناسب پر و آب هدایت‌شده به این ترانشه از طریق یک سازه انتهایی به خط انتقال یا کانال انحراف منتقل می‌شود. با توجه به کاربرد بیشتر این آبگیر در سرشاخه‌های رودخانه‌ها با شیب تند و عدم دسترسی به مصالح بتنی در چنین شرایطی، این نوع آبگیر، هم از نظر فنی و هم اقتصادی می‌تواند کارآمد باشد. تاکنون چندین تحقیق در این زمینه انجام شده است.

وحید و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی آزمایشگاهی عملکرد هیدرولیکی آبگیر کفی متخلخل پرداختند. متغیرهای مورد مطالعه این تحقیق اندازه مصالح محیط متخلخل و شیب آن بود. نتایج نشان داد با افزایش اندازه مصالح و کاهش شیب آبگیر، دبی انحرافی افزایش می‌یابد. پوراسماعیل و مغربی (۲۰۲۰) با استفاده از آزمایش‌های جدید و بر مبنای مبانی هیدرولیک آبگیرها روابط جدیدی برای ضریب آبگذری آبگیرهای کفی متخلخل ارائه کردند. نتایج این تحقیق نشان داد دبی انحرافی آبگیر کفی متخلخل با افزایش طول افقی آبگیر، عمق آب در مرز بالادست آبگیر، تخلخل و قطر متوسط مصالح مورد استفاده افزایش یافته است. همچنین مقدار دبی انحرافی با عدد فرود کانال اصلی، ضریب یکنواختی دانه‌بندی مصالح مورد استفاده و شیب سطح بالایی آبگیر نسبت عکس داشته و با افزایش مقدار آن‌ها، دبی انحرافی کاهش می‌یابد.

بیشتر مطالعات انجام‌شده در زمینه آبگیر کفی متخلخل از نوع دوطبقه در راستای طولی و عرضی با دانه‌بندی نسبتاً درشت‌دانه بوده است. این نوع دانه‌بندی به مرور زمان با آوردهای رسوبی و شاخ و برگ درختان پر شده و کاهش عملکرد هیدرولیکی آن محتمل است؛ ازاین‌رو در این تحقیق از رسوبات ریزدانه‌ای استفاده شده که احتمال کاهش هدایت هیدرولیکی آن‌ها کمتر است. از طرفی استفاده از دانه‌بندی ریزتر (در محدوده دانه‌بندی بار بستر آبراهه) به دلیل فیلترکردن رسوبات و شاخ و برگ درختان، مشکل رسوبات منتقل‌شده به کانال آب‌بر و پایین‌دست را کاهش می‌دهد.

$\pm$ و در سرریزهای مثلثی به کمک مانومتر با دقت $0.2 \pm$ میلی متر اندازه گیری شد.

روند انجام آزمایش ها به این صورت بود که با ورود دبی های مختلف به کانال اصلی، پس از برقراری شرایط جریان ماندگار در کانال اصلی و کانال آبگیر، میزان دبی کل و دبی آبگیر و همچنین عمق های مورد نظر ثبت می شد. در جدول ۱ مشخصات آزمایش های این تحقیق ارائه شده است. در این جدول S شیب کانال اصلی، d_{50} قطر متوسط مصالح، Q دبی کانال اصلی، h عمق جریان در کانال اصلی و Fr عدد فرود است. به صورت کلی در این تحقیق ۸۲ آزمایش در شرایط مختلف انجام شده است.

نتایج و بحث

آبگیری با ساختار سه وجهی

در شکل ۵ تغییرات دبی آبگیر مدل M_1 در مقابل دبی کل برای دو شیب کانال اصلی ۱ و $1/67$ درصد و دانه بندی های مختلف مصالح محیط متخلخل ترسیم شده است. نتایج نشان می دهد که تغییرات دبی آبگیر نسبت به دبی کل در ابتدا با شیب بیشتر و در ادامه با شیب ملایم به صورت تابع توانی، افزایشی است. اگرچه انتظار می رود با افزایش اندازه مصالح، میزان دبی آبگیر بیشتر باشد، اما در نمونه مورد استفاده در این تحقیق به دلیل توزیع دانه بندی، مصالح با قطر متوسط $2/5$ میلی متر آبگذری بیشتری نسبت به دبی کل دارند. مطابق با نتایج پوراسماعیل و مغربی (۲۰۲۰) علاوه بر اندازه مصالح و تخلخل آن ها، توزیع دانه بندی و ضریب یکنواختی آن ها نیز بر درصد آبگذری تأثیر دارد. مطابق با شکل ۴، اگرچه مصالح با اندازه $4/13$ میلی متر دارای اندازه متوسط بزرگتر است و انتظار می رود آبگذری بیشتری داشته باشد، توزیع دانه بندی آن گسترده تر و ضریب یکنواختی آن بیشتر از دو نمونه دیگر است؛ بنابراین آبگذری آن از مصالح با قطر کوچک تر $2/5$ میلی متر کمتر است. در مصالح با توزیع دانه بندی گسترده، مصالح با قطر مختلف در لایه های هم قرار گرفته و درصد تخلخل را کاهش داده، بنابراین آبگذری و درصد انحراف آن ها کاهش می یابد. این نتیجه سازگار با نتایج پوراسماعیل و مغربی (۲۰۲۰) است.

در شکل ۶ نسبت دبی ها در مقابل دبی کل ترسیم شده است. نتایج نشان می دهد که درصد دبی گذرنده از دانه بندی $2/5$ میلی متر بیشتر از دو دانه بندی دیگر است.

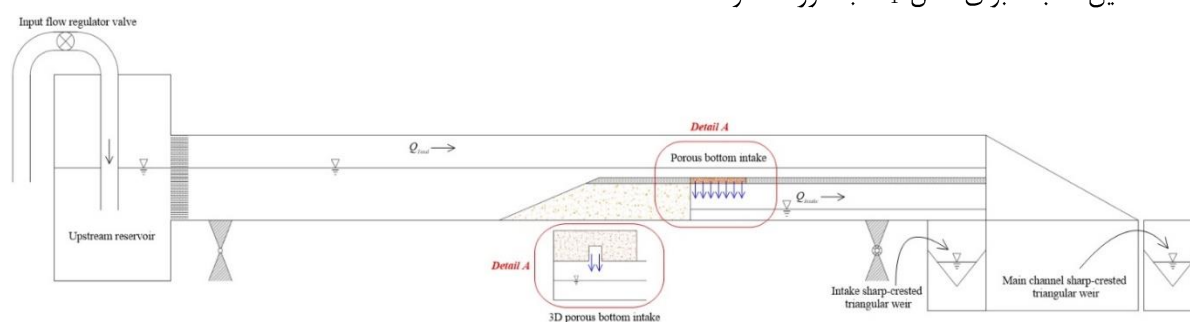
تفاوت درصد دبی گذرنده از آبگیر در شیب ۱ درصد مشهودتر است و در شیب $1/67$ درصد دبی گذرنده هر سه نوع دانه بندی به هم نزدیک است. در شکل ۷، اثر شیب کانال اصلی برای درصد دبی گذرنده از آبگیر برای سه دانه بندی مصالح به ترتیب در شکل های ۷ (الف) تا ۷ (ج) ارائه شده است. مطابق با این شکل ها، در هر سه دانه بندی اثر شیب بسیار ناچیز بوده و تفاوت قابل توجهی از اثر شیب دیده نمی شود. تغییرات درصد آبگذری نسبت به دبی کل در مقابل دبی کل به صورت توانی کاهش می یابد. به دلیل ظرفیت مشخص محیط های متخلخل، در دبی های پایین درصد بیشتری از آبگیر عبور کرده و با افزایش دبی کانال اصلی دبی انحرافی کاهش می یابد. مقدار درصد دبی گذرنده از آبگیر برای شیب ۱ درصد بین ۳ و ۲۳ درصد و برای شیب $1/67$ بین ۳ و ۲۷ درصد هستند. در مطالعه پوراسماعیل و مغربی (۲۰۲۰) با وجود تغییر محسوس شیب از صفر تا ۲۰ درصد، اگرچه با افزایش شیب مقدار دبی گذرنده از آبگیر کاهش می یابد، مقدار تغییر آن محسوس نیست. در این تحقیق درصد تغییر شیب نسبت به تحقیق پوراسماعیل و مغربی (۲۰۲۰) بسیار ناچیز بوده و قابل انتظار است که اثر شیب محسوس نباشد.

آبگیری با ساختار یک وجهی

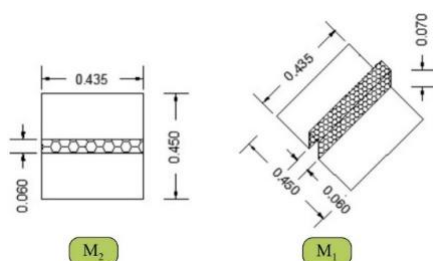
در این بخش عملکرد هیدرولیکی آبگیر تک وجهی مدل M_2 مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج مدل M_2 نشان می دهد که مشابه مدل سه وجهی، در این مدل نیز برای شیب ۱ درصد کانال اصلی، بیشترین دبی از آبگیر متخلخل مربوط به اندازه مصالح $2/5$ میلی متر و کمترین آن برای مصالح با دانه بندی $1/94$ میلی متر است. در کانال با شیب $1/67$ درصد کمترین نسبت دبی گذرنده از آبگیر مربوط به دانه بندی $4/13$ میلی متر بوده است. کم بودن دبی گذرنده در این دانه بندی مربوط به ضریب یکنواختی بزرگ آن است. در شکل ۹ نسبت دبی آبگیر به دبی کل کانال برای دبی های مختلف برای دو شیب کانال ترسیم شده است. مقدار این پارامتر برای شیب ۱ درصد بین ۱ تا ۹ درصد و برای شیب $1/67$ درصد بین ۱ تا ۸ درصد است. مقدار تغییرات این پارامتر نسبت به دبی مشابه مدل آبگیر سه بعدی به صورت نزولی کاهش می یابد. در شکل ۱۰ اثر شیب کانال اصلی مقایسه شده است. مشابه مدل

درصد بیشتر از مدل M_2 است. اختلاف این نسبت در دبی‌های کم بیشتر بوده و حدود ۲۱ درصد است و با افزایش دبی کانال اصلی به تدریج کمتر شده و به حدود ۲ درصد می‌رسد. به دلیل محدود بودن نسبت جریان درون‌گذر نسبت به دبی کل کانال اصلی (Q_{Intake}/Q_{Total})، در ابتدا نسبت جریان درون‌گذر به دبی کل زیاد بوده و با افزایش بیشتر دبی کل، مخرج کسر افزایش یافته، اما صورت کسر تغییر محدودی دارد؛ بنابراین این نسبت با افزایش دبی کل کانال اصلی کاهش می‌یابد.

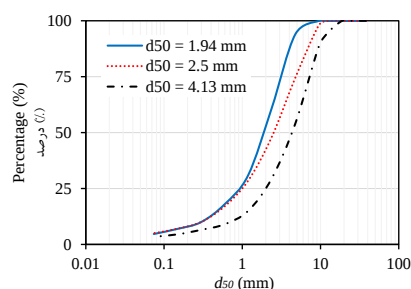
در شکل ۱۲ درصد افزایش دبی گذرنده از آبگیر سه‌وجهی نسبت به تک‌وجهی ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که آبگیر سه‌وجهی بین ۲ تا ۲۱ درصد دبی بیشتری عبور داده و به‌طور متوسط حدود ۶ درصد است. قابل ذکر است که کارایی این آبگیر در دبی‌های کمتر بهتر است.



شکل ۱- شماتیک فلوم آزمایشگاهی مورد استفاده در این تحقیق



شکل ۳- دو مدل آبگیر سه‌وجهی (M_1) و تک‌وجهی (M_2) استفاده شده در این تحقیق



شکل ۴- منحنی دانه‌بندی مصالح استفاده شده به عنوان محیط تخلخل

M_1 ، در آبگیر یک‌وجهی نیز شیب اثر محسوسی ندارد. نسبت دبی‌ها برای شیب ۱ درصد بین ۲ تا ۱۰ درصد و برای شیب ۱/۶۷ بین ۲ تا ۸ درصد است.

مقایسه آبگیر یک و سه‌وجهی

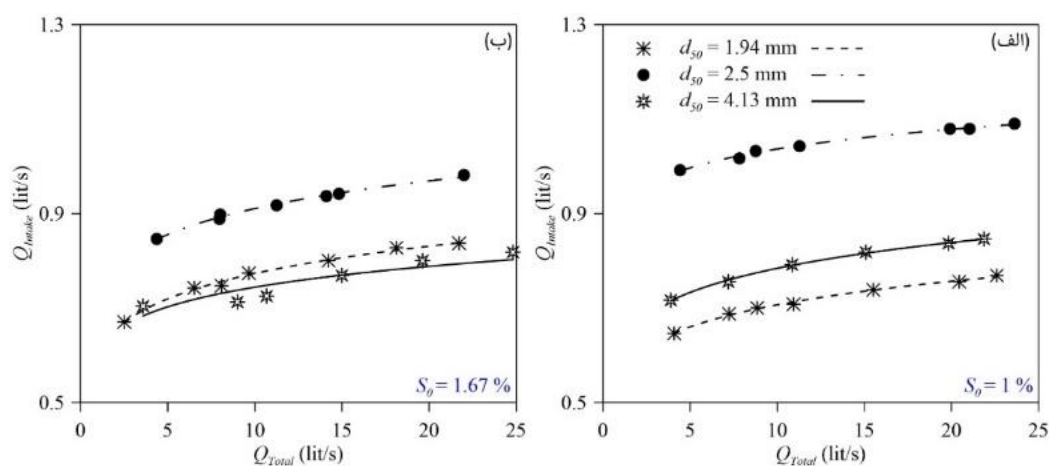
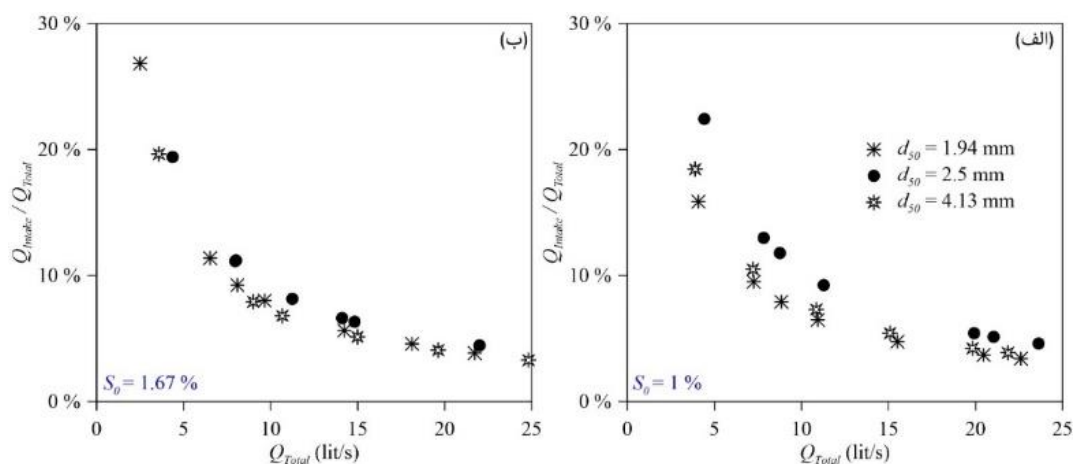
در شکل ۱۱ دو مدل M_1 و M_2 به ترتیب با ساختار سه و یک‌وجهی برای مصالح با قطر متوسط ۱/۹۴ میلی‌متر و شیب کانال اصلی ۱/۶۷ درصد مقایسه شده‌اند. مطابق با شکل ۱۱ (الف) دبی درون‌گذر مدل سه‌وجهی به صورت متوسط ۰/۹۲ لیتر بر ثانیه است. این در حالی است که متوسط دبی درون‌گذر مدل دو‌بُعدی ۰/۲۶ لیتر بر ثانیه است. به صورت متوسط دبی درون‌گذر مدل M_1 ۷۲ درصد بیشتر از مدل M_2 است. در شکل ۱۱ (ب) نسبت دبی درون‌گذر به دبی کل دو مدل مذکور مقایسه شده است. این نسبت برای مدل M_1 به صورت متوسط ۶

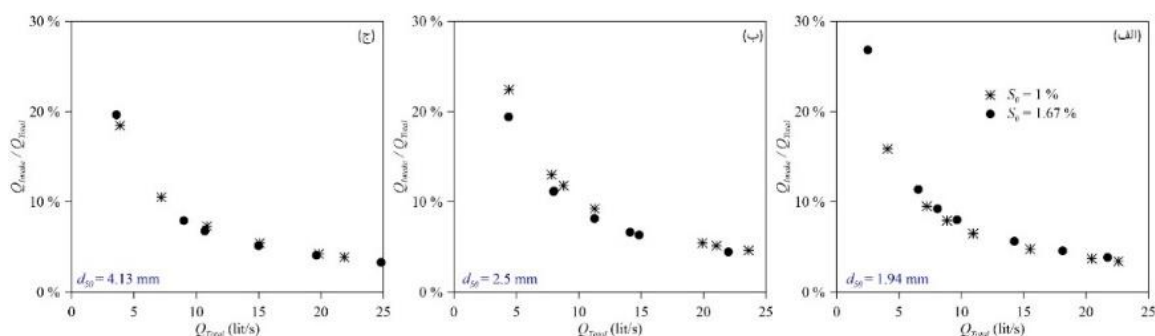


شکل ۲- (الف) نمای فلوم آزمایشگاهی، (ب) آبگیر متخلخل، (ج) سازه مشبک سه‌وجهی و (د) سازه مشبک یک‌وجهی

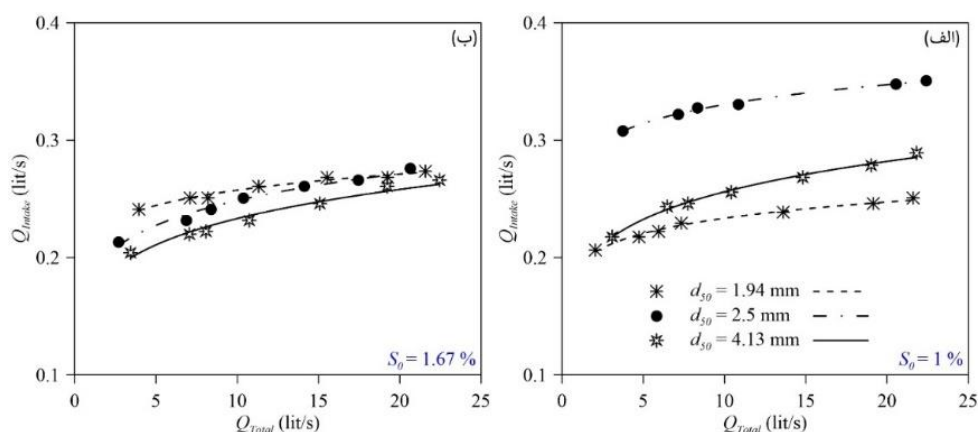
جدول ۱- مشخصات آزمایش های این تحقیق به همراه محدوده متغیرها

نوع آبگیر	شیب	d_{50} (mm)	Q (lit/s)	h (cm)	Fr
M1	۱	۱/۹۴	۲۲/۶-۴/۱	۱۰-۴	۰/۴۷-۰/۳۴
		۲/۵	۲۳/۶۲-۴/۴۲	۱۰-۴	۰/۴۷-۰/۴
		۴/۱۳	۲/۸۵-۳/۸۸	۱۰-۴	۰/۴۳-۰/۳۳
	۱/۶۷	۱/۹۴	۲۱/۷۲-۲/۵	۱۰-۳	۰/۴۴-۰/۲۷
		۲/۵	۲۲-۴/۳۶	۱۰-۴	۰/۴۴-۰/۳۸
		۴/۱۳	۲۴/۸-۳/۶	۱۰-۵	۰/۵-۰/۲۱
M2	۱	۱/۹۴	۲۱/۶-۲	۱۰-۳/۶	۰/۴۱-۰/۱۹
		۲/۵	۲۲/۴۲-۳/۷۴	۱۰-۳/۷	۰/۴۳-۰/۳۳
		۴/۱۳	۲۱/۸-۳/۱	۱۰/۵-۳/۴	۰/۴۲-۰/۳۱
	۱/۶۷	۱/۹۴	۲۱/۵۷-۳/۹۴	۱۰/۲-۳/۶۶	۰/۴۴-۰/۳۷
		۲/۵	۲۰/۶۴-۲/۶۹	۱۰/۵-۳/۴۵	۰/۳۹-۰/۲۷
		۴/۱۳	۲۲/۴۴-۳/۴۴	۱۰-۳	۰/۴۶-۰/۳۷

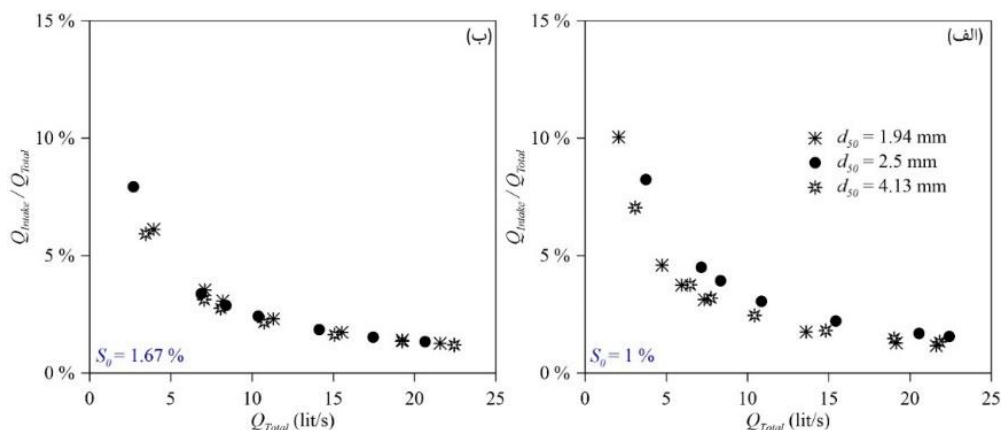
شکل ۵- تغییرات دبی آبگیر نسبت به دبی کل برای سه دانه بندی برای (الف) شیب ۱ درصد و (ب) شیب ۱/۶۷ درصد کانال اصلی در مدل M_1 شکل ۶- تغییرات نسبت دبی ها در مقابل دبی کل برای سه دانه بندی برای (الف) شیب ۱ درصد و (ب) شیب ۱/۶۷ درصد کانال اصلی در مدل M_1



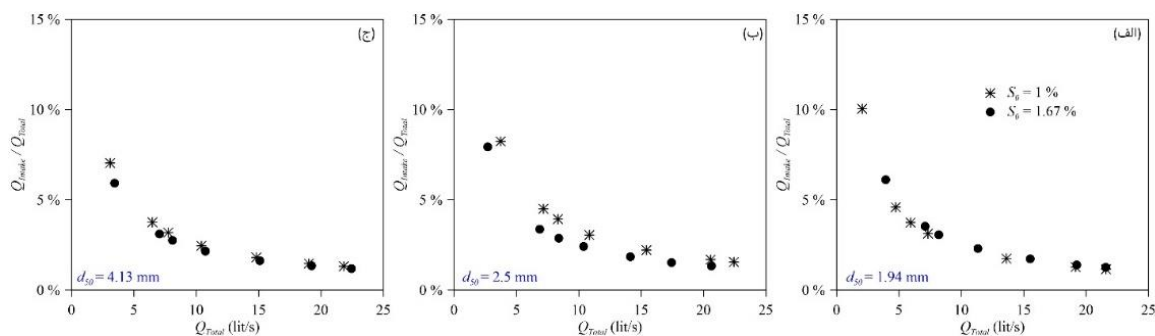
شکل ۷- تغییرات نسبت دبی‌ها در مقابل دبی کل برای دو شیب مختلف کانال اصلی مدل M_1 برای (الف) $d_{50} = 1.94 \text{ mm}$ (ب) $d_{50} = 2.5 \text{ mm}$ (ج) $d_{50} = 4.13 \text{ mm}$



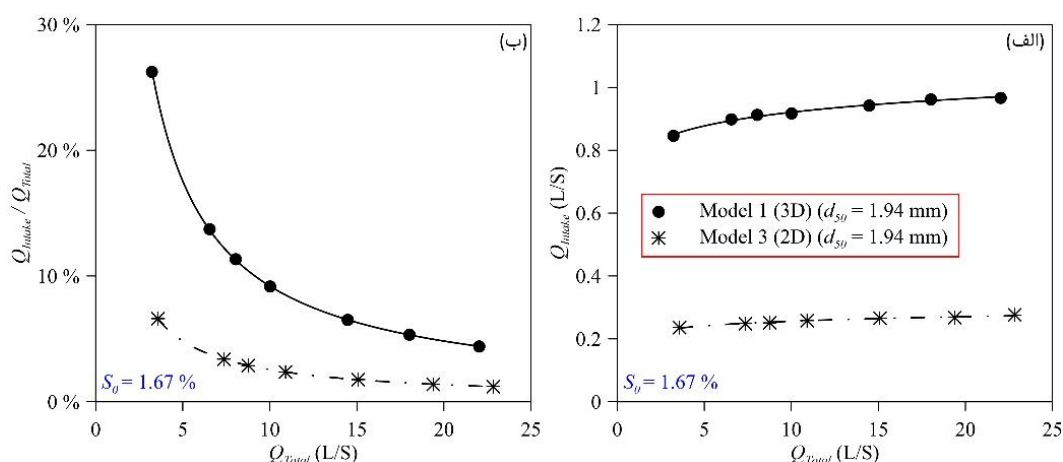
شکل ۸- مقایسه تغییرات دبی آبگیر نسبت به دبی کل برای سه دانه‌بندی مختلف و (الف) شیب ۱ درصد و (ب) شیب ۱/۶۷ درصد کانال اصلی مدل M_2



شکل ۹- تغییرات نسبت دبی‌ها در مقابل دبی کل برای سه دانه‌بندی برای (الف) شیب ۱ درصد و (ب) شیب ۱/۶۷ درصد کانال اصلی در مدل M_2



شکل ۱۰- تغییرات دبی آبگیر نسبت به دبی کل برای دو شیب مختلف کانال اصلی مدل M_2 برای (الف) $d_{50} = 1.94 \text{ mm}$ (ب) $d_{50} = 2.5 \text{ mm}$ (ج) $d_{50} = 4.13 \text{ mm}$

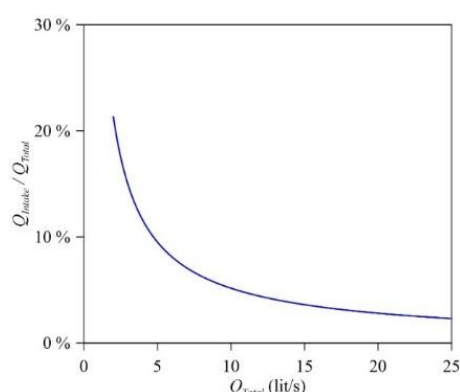


شکل ۱۱- مقایسه عملکرد هیدرولیکی دو مدل M_1 و M_2 برای قطر مصالح ۱/۹۴ میلی متر و شیب ۱/۶۷ درصد کانال اصلی

محدود باشد، استفاده از آبگیر سهوجهی عملکرد بهتری خواهد داشت. با این وجود برای شرایطی که محدودیت طول آبگیر نداشته باشیم، در یک مساحت سطح برابر، آبگیر تکوجهی قطعاً عملکرد بهتری دارد. در یک مساحت برابر، افت مسیر آبگیر سهوجهی بیشتر از تکوجهی است؛ بنابراین آبگذری آن کمتر خواهد بود. همچنین مطابق با شکل ۱۴ برای یک محدوده مشخص با افزایش دبی درصد اختلاف بین آبگیر یک و سهوجهی نزولی و از یک دبی به بعد افزایشی می شود.

مقایسه با تحقیقات قبلی

در این قسمت نتایج این تحقیق با تحقیق پوراسماعیل و مغربی (۲۰۲۰) مقایسه شده است. در تحقیق آن ها آبگیر کفی متخلخل برای سه دانه بندی با قطر متوسط ۹/۵، ۱۴/۲۵ و ۱۹ میلی متر انجام شده است. نتایج هر سه دانه بندی آن ها برای شیب صفر درجه کانال اصلی و برای طول ۲۰ سانتی متری از سازه آبگیر با نتایج آبگیر سهوجهی این تحقیق در شکل ۱۵ مقایسه شده است. واضح است به دلیل اختلاف دانه بندی، گذر دبی در تحقیق حاضر نسبت به تحقیق پوراسماعیل و مغربی (۲۰۲۰) پایین باشد. نتایج تحقیق آن ها نشان می دهد که روند تغییرات دبی آبگیر نسبت به دبی کل نیز مانند تحقیق حاضر به صورت توانی است. همچنین نتایج نشان می دهد که دبی گذرنده از آبگیر برای دانه بندی ۹/۵ میلی متر از دانه بندی ۱۴/۲۵ میلی متر بیشتر است. این نتایج با نتایج این تحقیق سازگار است. همان طور که قبلاً بیان شد این پدیده ناشی از توزیع دانه بندی ذرات منبع قرصه استفاده شده به عنوان محیط متخلخل است.



شکل ۱۲- درصد افزایش دبی گذرنده از آبگیر M_1 نسبت به M_2 برای قطر مصالح ۱/۹۴ میلی متر و شیب ۱/۶۷ درصد کانال اصلی

مقایسه ضریب دبی

در این قسمت با توجه به سطح تماس متفاوت دو نوع آبگیر، ضریب دبی آن ها در دانه بندی متوسط (۲/۵ میلی متر) مقایسه شده است. برای محاسبه ضریب دبی از معادله فرانسویس استفاده شده است.

$$Q = C_d A \sqrt{2gH}^{1.5} \quad (1)$$

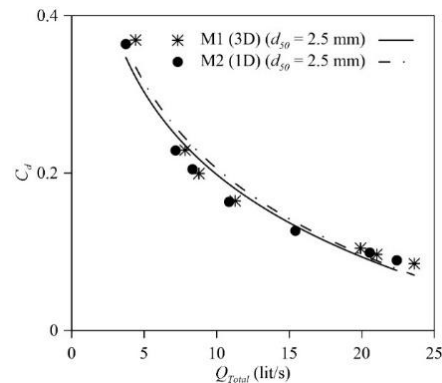
در اینجا A مساحت آبگیر، g شتاب ثقل و H هد متوسط کل (مجموع ارتفاع جریان در وسط سازه و ارتفاع معادل سرعت) روی محیط متخلخل هستند.

در شکل ۱۳ ضریب دبی دو نوع آبگیر با هم مقایسه شده است. همچنین در شکل ۱۴ درصد افزایش ضریب دبی آبگیر تکوجهی نسبت به سهوجهی نمایش داده شده است. نتایج نشان می دهد ضریب دبی آبگیر تکوجهی و سهوجهی تقریباً برابر است و مقدار متوسط ضریب دبی آبگیر تکوجهی حدود ۴/۵ درصد بیشتر از آبگیر سهوجهی است؛ بنابراین برای شرایطی که طول آبگیر باید

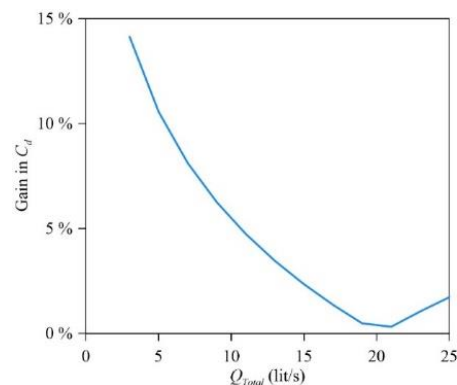
دانه‌بندی مصالح فیلتر مورد بررسی قرار گرفته است. بررسی نتایج نشان می‌دهد که در مدل یک و سه‌وجهی آبگیر، در محدوده شیب‌های این تحقیق اثر شیب تأثیر محسوسی بر نسبت دبی آبگیر به دبی کل ندارد. بررسی اثر اندازه مصالح مورد استفاده در فیلتر متخلخل نشان می‌دهد که به‌صورت کلی با افزایش اندازه مصالح، دبی آبگیر بیشتر می‌شود. با وجود این در دانه‌بندی ۴/۱۳ میلی‌متر به دلیل توزیع ذرات، تخلخل مؤثر کمتر بوده و مقدار دبی گذرنده آن از مصالح با قطر ۲/۵ میلی‌متر کمتر است. مقدار نسبت دبی گذرنده از آبگیر به دبی کل کانال اصلی در مدل سه‌وجهی بین ۳ تا ۲۷ درصد بوده و در مدل‌های تک‌وجهی بین ۲ تا ۱۰ درصد است. درصد افزایش نسبت دبی‌های آبگیر به کانال در مدل‌های سه‌وجهی نسبت به تک‌وجهی بین ۲ تا ۲۲ درصد و به‌طور متوسط حدود ۶ درصد است. تغییرات نسبت دبی‌ها در مقابل دبی کانال اصلی به‌صورت توانی کاهش می‌شود. شیب کاهش در دبی‌های کم تند و به تدریج ملایم می‌شود. در دبی‌های کم کانال اصلی نسبت دبی‌ها حداکثر و با افزایش دبی کانال اصلی کاهش می‌یابد. مقایسه ضریب دبی آبگیر تک‌وجهی و سه‌وجهی نشان می‌دهد که ضریب دبی آبگیر تک‌وجهی به‌صورت متوسط حدود ۴/۵ درصد بیشتر از آبگیر سه‌وجهی است.

منابع

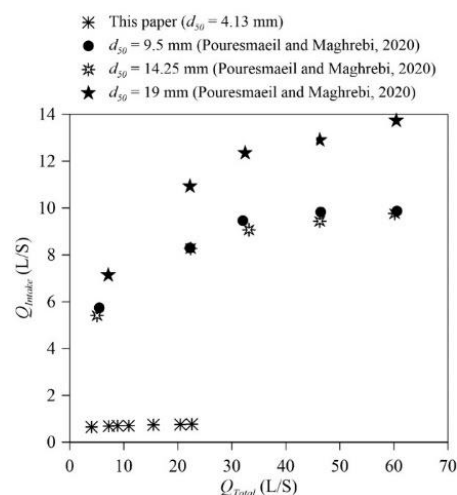
۱. رزاز م. و فغفور مغربی م. ۱۳۸۷. بررسی آزمایشگاهی پارامترهای هیدرولیکی آبگیرهای با کف مشبک. دانشکده فنی دانشگاه تبریز. ۳۶(۳): ۲۳-۳۵.
۲. کمان بدست ا.ع. و شفاعی بجستان م. ۱۳۸۷. بررسی آزمایشگاهی هیدرولیک آشغالگیر بر دبی انحراف در آبگیرهای کفی. دومین همایش ملی آب و فاضلاب با رویکرد بهره‌برداری، تهران.
۳. نشریه شماره ۵۰۹ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری. ۱۳۸۸. راهنمای آبگیری از رودخانه‌ها و حفاظت آن.
4. Brunella S. Hager W. H. and Minor H. E. 2003. Hydraulics of bottom rack intake. Journal of Hydraulic Engineering. 129(1): 2-10.
5. Carrillo J. M. García J. T. and Castillo L. G. 2018. Experimental and numerical



شکل ۱۳- مقایسه ضریب دبی دو نوع آبگیر M_1 نسبت به M_2 برای قطر مصالح ۲/۵ میلی‌متر و شیب ۱ درصد کانال اصلی



شکل ۱۴- درصد افزایش ضریب دبی از آبگیر M_2 نسبت به M_1 برای قطر مصالح ۲/۵ میلی‌متر و شیب ۱ درصد کانال اصلی



شکل ۱۵- مقایسه نتایج این تحقیق با تحقیقات پوراسماعیل و مغربی (۲۰۲۰)

نتیجه‌گیری

در این تحقیق عملکرد هیدرولیکی آبگیر کفی متخلخل با ساختار سه‌وجهی به‌صورت آزمایشگاهی با نوع یک‌وجهی متناظر آن‌ها مقایسه شده است. همچنین اثر پارامترهای مختلفی مانند شیب کف و دبی کانال اصلی و همچنین

- modelling of bottom intake racks with circular bars. *Water*. 10(5): 605.
6. Castillo L. G. García J. T. and Carrillo J. M. 2016. Experimental and numerical study of bottom rack occlusion by flow with gravel-sized sediment. Application to ephemeral streams in semi-arid regions. *Water* 8(4): 166.
 7. Castillo L. G. GARCÍA J. T. Haro P. and CARRILLO, J. M. 2018. Rack length in bottom intake systems. *Water Studies*. 183.
 8. Kumar S. Ahmad Z. Kothiyari U. C. and Mittal M. K. 2010. Discharge characteristics of a trench weir. *Flow Measurement and Instrumentation*. 21(2): 80-87.
 9. Kumar S. Ahmad Z. Kothiyari U. C. and Mittal M. K. 2010. Discharge characteristics of a trench weir. *Flow Measurement and Instrumentation*. 21(2): 80-87.
 10. Pouresmaeil S. and Maghrebi M.F. 2020. Experimental study on estimation of diversion rate in porous bottom intakes for non-sediment flow. *Experimental Thermal and Fluid Science*. 117: 110149.
 11. Righetti M. and Lanzoni S. 2008. Experimental study of the flow field over bottom intake racks. *Journal of Hydraulic Engineering*. 134(1): 15-22.
 12. Vahid F. K. Esmaili K. and Naghavi B. 2011. Experimental study on hydraulic characteristics of bottom intake with granular porous media. *Special Topics & Reviews in Porous Media: An International Journal*. 2(4).