

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی سازه‌های آبی

بررسی آزمایشگاهی تأثیر رسوب‌گذاری بر روی ضریب دبی جریان سرریز اوجی

نگارنده : مصطفی سادات‌نژاد

استاد راهنما :

دکتر صمد امامقلی زاده

استاد مشاور :

دکتر خلیل اژدری

بهمن ۱۳۹۵

تقدیم بہ

پدرو مادرم

کہ از محاکہشان صلابت

از رفقاہشان محبت

و از صبرشان ایستادگی را آموختم

شکر و قدردانی

باشکر و سپاس از استادانهای بزرگوارم

جناب آقای دکتر صدما مقلی زاده که از محضر پر فیض تدریستان، بهره‌ما حتم ...

و با اتقان سیکران از مساعدت های بی‌شائبه استاد مشاورم

جناب آقای دکتر خلیل اژدری، که از بھکاری و مشورت ایشان بهره بردم ...

و باشکر صمیمانه خدمت تمام اساتید گران قدری که در این مقطع از وجودشان بهره حتم و همه کسانی که به نوعی مراد به انجام رساندن

این مهم یاری نموده اند.

تعهد نامه

اینجانب مصطفی سادات نژاد دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی کشاورزی _ سازه‌های آبی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه بررسی آزمایشگاهی تأثیر رسوب گذاری بر روی ضریب دبی جریان سرریز اوجی تحت راهنمایی دکتر صمد امامقلی زاده متعهد می شوم .

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد .

چکیده :

سرریزهای اوجی در سدها، رودخانه‌ها و کانال‌های انتقال آب به منظور کنترل، انتقال و اندازه‌گیری آب به کار می‌روند. استفاده از سرریزهای اوجی به علت راندمان هیدرولیکی بالای این سرریزها، رواج یافته است. یکی از مشکلات اساسی در شبکه‌های آبیاری و هنگام وقوع سیلاب، ورود رسوبات رودخانه‌ها به درون کانالهای انتقال آب، مخازن سدها و بالادست سرریزها است. در پژوهش پیش‌رو، هدف بررسی آزمایشگاهی تأثیری است که رسوبات ته‌نشین شده در بالادست سرریزهای اوجی، روی خصوصیات جریان به‌ویژه ضریب دبی می‌گذارند. این تحقیق بر روی دو سرریز با ارتفاع‌های ۱۰ و ۱۶ سانتی‌متر انجام شده است. به منظور مدل کردن رسوبات، از دو نوع رسوب با قطر متوسط $1/7$ و $3/2$ میلی‌متری استفاده شده و هر کدام از رسوبات در سه ارتفاع مختلف در بالادست سرریزها تعبیه شدند و به ازای دبی‌های مختلف تغییرات عمق، سرعت و ضریب تخلیه اندازه‌گیری و محاسبه گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که در هر دو سرریز وجود رسوبات با اندازه‌های مختلف و در ارتفاع‌های مختلف، تأثیری روی تراز سطح آب نداشته ولی سرعت جریان آب با افزایش ضخامت رسوبات ته‌نشین شده زیاد شد. همچنین با افزایش سرعت جریان ضریب تخلیه افزایش یافته طوری که هرچه جریان به سمت بحرانی و فوق بحرانی شدن سوق پیدا کرد، ضریب دبی بیشتر شد. همچنین با افزایش اندازه قطر رسوبات ضریب تخلیه افزایش یافت اما با زیاد شدن ارتفاع رسوبات، ضریب تخلیه روند کاهشی پیدا کرد و نیز ضریب دبی در ارتفاع‌ها و اندازه‌های رسوب یکسان، با افزایش ارتفاع سرریز کاهش می‌یابد.

کلمات کلیدی: سرریز اوجی، رسوب، تراز آب، سرعت آب، ضریب دبی.

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

۱- " بررسی آزمایشگاهی اثر زبری روی ضریب تخلیه سرریز اوجی شکل "

پنجمین همایش علمی پژوهشی مدیریت جامع منابع آب، ۱۷ مهر ۱۳۹۵، کرمان.

۲- " بررسی آزمایشگاهی تأثیر رسوبگذاری بالادست سرریز اوجی روی خصوصیات جریان "

پانزدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، ۲۴ آذر ۱۳۹۵، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (۵).

فهرست مطالب

فصل اول	۱
مقدمه	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۲-۱- ضرورت انجام تحقیق	۳
۳-۱- اهداف تحقیق	۳
۴-۱- روش انجام کار	۴
۵-۱- سازماندهی پایان نامه	۴
فصل دوم	۵
سابقه تحقیق	۵
۱-۲- مقدمه	۶
۲-۲- تئوری سرریزها	۶
۳-۲- انواع سرریزها	۶
۱-۳-۲- سرریزهای لبه تیز	۶
۱-۱-۳-۲- سرریز لبه تیز مستطیلی هم عرض کانال	۷
۲-۱-۳-۲- سرریز لبه تیز مستطیلی با فشردگی جانبی	۹
۳-۱-۳-۲- سرریز لبه تیز مثلثی	۱۰
۴-۱-۳-۲- سرریز سیپولتی	۱۲
۲-۳-۲- سرریزهای لبه پهن	۱۳
۱-۲-۳-۲- سرریزهای لبه پهن افقی	۱۳
۲-۲-۳-۲- سرریزهای اوجی	۱۴
۴-۲- ضریب دبی (Cd)	۱۷
۵-۲- هیدرولیک جریانهای رسوبی	۱۷
۶-۲- مطالعات انجام شده در زمینه ضریب تخلیه سرریز	۱۸
۷-۲- مطالعات انجام شده در زمینه تأثیر رسوبات بر روی جریان	۲۰
۸-۲- جمع بندی مطالعات گذشته	۲۴

فصل سوم..... ۲۵

روش تحقیق..... ۲۵

- ۳-۱- مقدمه..... ۲۶
- ۳-۲- فلوم..... ۲۶
- ۳-۳- سرریز..... ۲۸
- ۳-۴- سرعت سنج..... ۲۸
- ۳-۵- ترازسنج..... ۲۹
- ۳-۶- روش انجام آزمایش..... ۲۹
- ۳-۶-۱- دانه‌بندی..... ۳۰
- ۳-۶-۲- اندازه‌گیری تراز سطح آب..... ۳۳
- ۳-۶-۳- اندازه‌گیری سرعت جریان..... ۳۳
- ۳-۶-۴- روش جمع‌آوری داده‌ها..... ۳۳
- ۳-۷- روابط حاکم بر جریان..... ۳۵
- ۳-۷-۱- روابط سرریز اوجی..... ۳۵
- ۳-۷-۲- آنالیز ابعادی..... ۳۶
- ۳-۷-۲-۱- تحلیل ابعادی پارامترهای مؤثر بر ضریب شدت جریان سرریزهای اوجی..... ۳۷

فصل چهارم..... ۴۵

نتایج و بحث..... ۴۵

- ۴-۱- مقدمه..... ۴۶
- ۴-۲- تجزیه و تحلیل نتایج بدست آمده..... ۴۶
- ۴-۲-۱- اندازه‌گیری‌ها در سرریز اوجی ۱۰ سانتی‌متر..... ۴۶
- ۴-۲-۱-۱- بررسی تأثیر رسوب بر روی تراز سطح آب..... ۴۷
- ۴-۲-۱-۲- بررسی تأثیر رسوب بر روی سرعت جریان..... ۵۰
- ۴-۲-۱-۳- تجزیه و تحلیل اثر رسوب روی ضریب تخلیه بر اساس روابط حاکم بر جریان..... ۵۸
- ۴-۲-۱-۳-۱- روابط سرریز اوجی..... ۵۸
- ۴-۲-۱-۳-۲- آنالیز ابعادی..... ۶۱
- ۴-۲-۲- اندازه‌گیری‌ها در سرریز اوجی ۱۶ سانتی‌متر..... ۶۵

- ۶۵.....۱-۲-۲-۴- بررسی تأثیر رسوب بر روی تراز سطح آب
- ۶۸.....۲-۲-۲-۴- بررسی تأثیر رسوب بر روی سرعت جریان
- ۷۶.....۳-۲-۲-۴- تجزیه و تحلیل اثر رسوب روی ضریب تخلیه بر اساس روابط حاکم بر جریان
- ۷۶.....۱-۳-۲-۲-۴- روابط سرریز اوجی
- ۷۸.....۲-۳-۲-۲-۴- آنالیز ابعادی
- ۸۲.....۳-۲-۴- مقایسه دو سرریز
- ۸۲.....۱-۳-۲-۴- تراز سطح آب
- ۸۲.....۲-۳-۲-۴- سرعت جریان
- ۸۴.....۳-۳-۲-۴- آنالیز ابعادی
- ۸۷.....۳-۴- روابط رگرسیون خطی و غیرخطی برای برآورد ضریب تخلیه
- ۸۷.....۱-۳-۴- رابطه رگرسیون خطی
- ۸۸.....۲-۳-۴- رابطه رگرسیون غیرخطی

۹۱..... فصل پنجم

۹۱..... نتیجه گیری و پیشنهادات

۹۲.....۱-۵- نتایج

۹۳.....۲-۵- پیشنهادات

۹۴..... منابع

فهرست اشکال

- شکل ۱-۲- نیمرخ جریان روی سرریز (حسینی و ابریشمی، ۱۳۸۵)..... ۷
- شکل ۲-۲- سرریز لبه تیز مثلثی (حسینی و ابریشمی، ۱۳۸۵)..... ۱۱
- شکل ۳-۲- مقادیر K_H برحسب زاویه θ (حسینی و ابریشمی، ۱۳۸۵)..... ۱۲
- شکل ۴-۲- مقادیر C_{de} برحسب زاویه θ (حسینی و ابریشمی، ۱۳۸۵)..... ۱۲
- شکل ۵-۲- سرریز سیپولتی (حسینی و ابریشمی، ۱۳۸۵)..... ۱۳
- شکل ۶-۲- سرریز لبهپهن افقی (حسینی و ابریشمی، ۱۳۸۵)..... ۱۴
- شکل ۷-۲- نمایی از یک سرریز اوجی و مشخصات آن (محمودیان شوشتری، ۱۳۸۷)..... ۱۵
- شکل ۸-۲- چگونگی تشکیل پروفیل تاج و جلو سرریز اوجی (حسینی و ابریشمی، ۱۳۸۵)..... ۱۶
- شکل ۹-۲- منحنی پروفیل‌های جلو و تاج سرریز اوجی (حسینی و ابریشمی، ۱۳۸۵)..... ۱۶
- شکل ۱۰-۲- مقایسه ضریب دبی سرریز اوجی آب خالص و آب حاوی رسوب (دیزجی و محمودخانی، ۱۳۸۸)..... ۲۱
- شکل ۱۱-۲- مقایسه ضریب تخلیه سرریز در جریان آب صاف و آب حاوی رسوب (عابریفروتن و ایویزاده، ۱۳۸۳)..... ۲۲
- شکل ۱۲-۲- تغییرات ضریب تخلیه با افزایش رسوب پشت سرریز (دستورانی و نصرآبادی، ۱۳۹۱)..... ۲۳
- شکل ۱-۳- نمایی از فلوم آزمایش..... ۲۷
- شکل ۲-۳- مخزن و ابزار تنظیم جریان..... ۲۷
- شکل ۳-۳- سرریزهای ۱۰ و ۱۶ سانتی‌متری..... ۲۸
- شکل ۴-۳- سرعت‌سنج و ملزومات آن..... ۲۸
- شکل ۵-۳- ترازسنج..... ۲۹
- شکل ۶-۳- نمودار دانه‌بندی رسوبات با قطر متوسط $3/2$ میلی‌متر..... ۳۱
- شکل ۷-۳- رسوبات با قطر متوسط $3/2$ میلی‌متر..... ۳۱
- شکل ۸-۳- نمودار دانه‌بندی رسوبات با قطر متوسط $1/7$ میلی‌متر..... ۳۲
- شکل ۹-۳- رسوبات با قطر متوسط $1/7$ میلی‌متر..... ۳۲
- شکل ۱۰-۳- مقایسه دو نوع رسوب..... ۳۲
- شکل ۱۱-۳- توزیع رسوبات درون فلوم..... ۳۴
- شکل ۱۲-۳- توزیع رسوبات درون فلوم..... ۳۴
- شکل ۱۳-۳- جریان آب همراه با رسوبات ته‌نشین شده..... ۳۵

- شکل ۴-۱- تغییرات تراز آب با اضافه شدن رسوب در فاصله ۳ سانتی متری ۴۷
- شکل ۴-۲- تغییرات تراز آب با اضافه شدن رسوب در فاصله ۳۰ سانتی متری ۴۸
- شکل ۴-۳- تغییرات تراز آب با اضافه شدن رسوب در فاصله ۶۰ سانتی متر ۴۸
- شکل ۴-۴- تغییرات سرعت در عمق جریان بدون رسوب ۵۰
- شکل ۴-۵- تغییرات سرعت در عمق جریان با $D_{50} = 1.7\text{mm}$ - $H_s = 3\text{cm}$ ۵۱
- شکل ۴-۶- تغییرات سرعت در عمق جریان با $D_{50} = 1.7\text{mm}$ - $H_s = 6\text{cm}$ ۵۱
- شکل ۴-۷- تغییرات سرعت در عمق جریان با $D_{50} = 1.7\text{mm}$ - $H_s = 9\text{cm}$ ۵۲
- شکل ۴-۸- تغییرات سرعت در عمق جریان با $D_{50} = 3.2\text{mm}$ - $H_s = 3\text{cm}$ ۵۲
- شکل ۴-۹- تغییرات سرعت در عمق جریان با $D_{50} = 3.2\text{mm}$ - $H_s = 6\text{cm}$ ۵۳
- شکل ۴-۱۰- تغییرات سرعت در عمق جریان با $D_{50} = 3.2\text{mm}$ - $H_s = 9\text{cm}$ ۵۳
- شکل ۴-۱۱- تغییرات سرعت نسبت به ضخامت رسوبات با $D_{50} = 1.7\text{mm}$ ۵۵
- شکل ۴-۱۲- تغییرات سرعت نسبت به ضخامت رسوبات با $D_{50} = 3.2\text{mm}$ ۵۶
- شکل ۴-۱۳- تغییرات سرعت نسبت به ضخامت رسوبات با $D_{50} = 1.7\text{mm}$ و $D_{50} = 3.2\text{mm}$ ۵۷
- شکل ۴-۱۴- تغییرات ضریب دبی نسبت به سرعت جریان در حالات مختلف ۶۰
- شکل ۴-۱۵- تغییرات C_d در برابر H_w/P ۶۱
- شکل ۴-۱۶- تغییرات C_d در برابر D_{50}/H_s ۶۲
- شکل ۴-۱۷- تغییرات C_d در برابر Fr ۶۴
- شکل ۴-۱۸- تغییرات تراز آب با اضافه شدن رسوب در فاصله ۳ سانتی متری ۶۶
- شکل ۴-۱۹- تغییرات تراز آب با اضافه شدن رسوب در فاصله ۳۰ سانتی متری ۶۶
- شکل ۴-۲۰- تغییرات تراز آب با اضافه شدن رسوب در فاصله ۶۰ سانتی متری ۶۷
- شکل ۴-۲۱- تغییرات سرعت در عمق جریان بدون رسوب ۶۹
- شکل ۴-۲۲- تغییرات سرعت در عمق جریان با $D_{50} = 1.7\text{mm}$ - $H_s = 5\text{cm}$ ۶۹
- شکل ۴-۲۳- تغییرات سرعت در عمق جریان با $D_{50} = 1.7\text{mm}$ - $H_s = 10\text{cm}$ ۷۰
- شکل ۴-۲۴- تغییرات سرعت در عمق جریان با $D_{50} = 1.7\text{mm}$ - $H_s = 15\text{cm}$ ۷۰
- شکل ۴-۲۵- تغییرات سرعت در عمق جریان با $D_{50} = 3.2\text{mm}$ - $H_s = 5\text{cm}$ ۷۱
- شکل ۴-۲۶- تغییرات سرعت در عمق جریان با $D_{50} = 3.2\text{mm}$ - $H_s = 10\text{cm}$ ۷۱
- شکل ۴-۲۷- تغییرات سرعت در عمق جریان با $D_{50} = 3.2\text{mm}$ - $H_s = 15\text{cm}$ ۷۲
- شکل ۴-۲۸- تغییرات سرعت نسبت به ضخامت رسوبات با $D_{50} = 1.7\text{mm}$ ۷۳

- شکل ۴-۲۹- تغییرات سرعت نسبت به ضخامت رسوبات با $D_{50} = 3.2\text{mm}$ ۷۴
- شکل ۴-۳۰- تغییرات سرعت نسبت به ضخامت رسوبات با $D_{50} = 3.2\text{mm}$ و $D_{50} = 1.7\text{mm}$ ۷۵
- شکل ۴-۳۱- تغییرات ضریب دبی نسبت به سرعت جریان در حالات مختلف..... ۷۸
- شکل ۴-۳۲- تغییرات C_d در برابر H_w/P ۷۹
- شکل ۴-۳۳- تغییرات C_d در برابر D_{50}/H_s ۸۰
- شکل ۴-۳۴- تغییرات C_d در برابر Fr ۸۱
- شکل ۴-۳۵- تغییرات سرعت نسبت به H_s/P با رسوب $D_{50} = 1.7\text{mm}$ ۸۳
- شکل ۴-۳۶- تغییرات سرعت نسبت به H_s/P با رسوب $D_{50} = 3.2\text{mm}$ ۸۳
- شکل ۴-۳۷- تغییرات ضریب دبی نسبت به H_w/P با رسوب $D_{50} = 1.7\text{mm}$ ۸۴
- شکل ۴-۳۸- تغییرات ضریب دبی نسبت به H_w/P با رسوب $D_{50} = 3.2\text{mm}$ ۸۵
- شکل ۴-۳۹- تغییرات ضریب دبی نسبت به Fr در دو سرریز..... ۸۶
- شکل ۴-۴۰- پراکندگی داده‌های آزمایشگاهی و پیش بینی شده حاصل از رگرسیون خطی..... ۸۸
- شکل ۴-۴۱- پراکندگی داده‌های آزمایشگاهی و پیش بینی شده حاصل از رگرسیون غیر خطی..... ۸۹

فهرست جداول

- جدول ۱-۲-۱- مقادیر عوامل مؤثر در معادله ۶-۲..... ۱۰
- جدول ۲-۲-۲- تعیین عوامل مختلف جهت طراحی سرریز اوجی ۱۷
- جدول ۱-۳-۱- ابعاد پارامترهای مورد استفاده..... ۳۸
- جدول ۱-۴-۱- حالت‌های مختلف آزمایش روی سرریز ۱۰ سانتی‌متری..... ۴۶
- جدول ۲-۴-۲- محاسبه پارامترهای هیدرولیکی برای سرریز اوجی..... ۵۹
- جدول ۳-۴-۳- ضرایب تخلیه در دبی‌ها مختلف و در اندازه‌ها و ارتفاع‌های مختلف رسوب..... ۵۹
- جدول ۴-۴-۴- درصد تغییرات ضریب تخلیه نسبت به افزایش H_w/P ۶۲
- جدول ۵-۴-۵- درصد تغییرات ضریب تخلیه نسبت به تغییرات اندازه رسوب..... ۶۳
- جدول ۶-۴-۶- درصد تغییرات ضریب تخلیه نسبت به تغییرات ارتفاع رسوب..... ۶۳
- جدول ۷-۴-۷- درصد تغییرات ضریب تخلیه نسبت به تغییرات Fr ۶۴
- جدول ۸-۴-۸- حالت‌های مختلف آزمایش روی سرریز ۱۶ سانتی‌متری..... ۶۵
- جدول ۹-۴-۹- محاسبه پارامترهای هیدرولیکی برای سرریز اوجی..... ۷۷
- جدول ۱۰-۴-۱۰- ضرایب تخلیه در دبی‌ها مختلف و در اندازه‌ها و ارتفاع‌های مختلف رسوب..... ۷۷
- جدول ۱۱-۴-۱۱- درصد تغییرات ضریب تخلیه نسبت به افزایش H_w/P ۷۹
- جدول ۱۲-۴-۱۲- درصد تغییرات ضریب تخلیه نسبت به تغییرات اندازه رسوب..... ۸۰
- جدول ۱۳-۴-۱۳- درصد تغییرات ضریب تخلیه نسبت به تغییرات ارتفاع رسوب..... ۸۱
- جدول ۱۴-۴-۱۴- درصد تغییرات ضریب تخلیه نسبت به تغییرات Fr ۸۲
- جدول ۱۵-۴-۱۵- درصد تغییرات ضریب تخلیه در سرریزهای مختلف..... ۸۵
- جدول ۱۶-۴-۱۶- درصد تغییرات ضریب تخلیه نسبت به تغییرات شرایط جریان..... ۸۶

فصل اول

مقدمه

در پی بحرانی که مناطق خشک و نیمه‌خشک را تهدید می‌کند، حفظ و اداره منابع آبی، کاهش تلفات آب و دقت در میزان مصرف آن، امری ضروری است. استوارت^۱ و هاول^۲ (۲۰۰۳) و چانسون^۳ (۲۰۰۴) روش‌های گوناگونی به‌منظور استفاده بهینه از آب ارائه دادند که استفاده از وسایل اندازه‌گیری برای اداره دقیق آب موردنیاز، از آن جمله است. به‌منظور تعیین میزان آب عبوری از کانال‌ها، روش‌های گوناگونی ارائه گردیده که در این میان، استفاده از سرریزها کاربرد بیشتری دارد. سازه‌ای که آب اضافی را، به‌ویژه هنگام سیلاب که جریان آب به بدنه سد آسیب می‌رساند و امکان دارد باعث تخریب آن شود، دفع می‌کند (کلمن^۴، ۱۹۷۶). در حقیقت این نوع سازه، تخلیه‌کننده دریاچه سد در مواقع اضطراری است. مهم‌ترین و حساس‌ترین بخش در سازه‌های آبی سرریز است. در حقیقت اگر سرریز یک سد به‌درستی محاسبه و احداث شود، مشکل ناپایداری سازه و بحث سیلاب در آن منطقه را نخواهیم داشت. همچنین سرریزها از جمله سازه‌هایی هستند که در کنترل، انتقال و اندازه‌گیری جریان آب در کانال‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند (بویتن^۵، ۲۰۰۲). به همین دلیل تلاش‌های زیادی صورت گرفته است تا روابط تعیین‌شده برای اندازه‌گیری جریان این سازه‌ها از دقت بیشتری برخوردار باشد. در بسیاری از موارد از جمله شبکه‌های آبیاری و هنگام وقوع سیلاب، یکی از مشکلات مهم، ورود رسوبات رودخانه‌ها به درون کانال‌ها و مخازن سدها است. باوجود اقدام‌هایی که برای کاهش ورود رسوبات به کانال‌ها و رودها صورت می‌گیرد، امکان جداسازی کامل این رسوبات از آب وجود ندارد. تاکنون روابط زیادی برای سرریزها توسط پژوهشگران ارائه شده که در هیچ‌یک از این روابط، تأثیر وجود رسوبات دیده نشده است، درحالی‌که وجود این ذرات در آب امری کاملاً طبیعی است که بر خصوصیات جریان تأثیرگذار است (دیزجی ، ۱۳۸۸).

¹ Stewart

² Howell

³ Chanson

⁴ Coleman

⁵ Boiten

۲-۱- ضرورت انجام تحقیق

با ورود جریان رودخانه به مخازن یا پشت سرریزها، عمق جریان افزایش و سرعت جریان کاهش می‌یابد. این تغییرات باعث ایجاد افت در ظرفیت انتقال جریان و ته‌نشینی رسوبات حمل شده توسط جریان رودخانه می‌شود. بر اساس مطالعات انجام شده توسط بوس^۱ (۱۹۷۶) رسوبات حمل شده به داخل مخزن ممکن است در سرتاسر طول آن ته‌نشین شوند و مشکلاتی از جمله کاهش ظرفیت مخزن، افزایش عمق جریان در بالادست و در نتیجه سرریز آب به زمین‌های مجاور و باتلاقی شدن آن‌ها و نیز افزایش جریان در پایین‌دست و وارد شدن خسارت به پایین‌دست، را ایجاد کنند. اغلب طراحان و مهندسين سرریز سدها را بر اساس شرایط بدون رسوب طراحی می‌کنند و اثر پدیده‌ی رسوب‌گذاری در پشت سرریز را در نظر نمی‌گیرند در حالی که بیشتر رودخانه‌ها مقادیر زیادی بار رسوبی دارند و سدها و مخازنی که در مسیر این رودخانه‌ها احداث می‌شوند، پس از مدتی با این رسوبات پر می‌گردند و پارامترهای طراحی از مقادیر استاندارد منحرف می‌شوند و عملکرد آن‌ها نسبت به زمان احداث تغییر خواهد کرد. به‌طور کلی اثرات زیان‌بار این پدیده شامل کاهش پایداری سد یا سرریز، کاهش میزان جریان عبوری و آسیب‌دیدگی تأسیسات خروجی است. بنابراین مطالعه در مورد بارهای رسوبی معلق و غیرمعلق موجود در بالادست سازه‌های آبی و همچنین تأثیری که رسوبات روی سازه‌های آبی و خصوصیات جریان بالادست این سازه‌ها می‌گذارند، ضروری می‌باشد.

۳-۱- اهداف تحقیق

سازه‌های آبی که در کانال‌های انتقال آب و رودخانه‌ها ساخته می‌شوند، معمولاً بدون در نظر گرفتن اثری که رسوبات روی سازه‌ها و بالادست سازه‌ها می‌گذارند، طراحی و احداث می‌گردند بر این اساس در این پژوهش اهداف زیر دنبال می‌شود:

۱. بررسی اثر رسوبات روی عمق جریان بالادست سرریزهای اوجی

^۱ Boss

۲. بررسی اثر رسوبات روی سرعت جریان بالادست سرریزهای اوجی
۳. بررسی اثر رسوبات روی تغییرات ضریب دبی سرریزهای اوجی
۴. به دست آوردن رابطه‌ای مناسب برای محاسبه ضریب دبی سرریزهای اوجی در حالی که سرریز و جریان آب تحت تأثیر رسوبات قرار دارند

۴-۱- روش انجام کار

این پایان‌نامه در آزمایشگاه هیدرولیک دانشکده کشاورزی انجام شده و از دو نوع سرریز و دو رسوب با قطرهای متوسط مختلف برای مدل کردن آزمایش استفاده شد و سپس داده‌های مورد نظر پژوهش جمع‌آوری شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند که در فصل‌های بعدی به صورت مبسوط روش انجام آزمایش، داده‌برداری‌ها و نتایج شرح داده می‌شوند.

۵-۱- سازماندهی پایان‌نامه

فصل اول این پایان‌نامه شامل مقدمه، ضرورت تحقیق، اهداف تحقیق، روش کلی انجام کار و شرح کلی فصول پایان‌نامه است. فصل دوم به معرفی سرریزها به‌ویژه قوانین و روابط حاکم بر سرریزهای اوجی و نیز مروری بر تحقیقات پیشین اختصاص یافته است. فصل سوم مواد و روش‌های مورد استفاده در انجام آزمایش‌ها و نیز وسایل به کار برده شده در این پایان‌نامه شرح داده شده‌اند. در فصل چهارم نتایج حاصل از انجام آزمایش‌ها ارائه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند. در فصل پنجم به نتیجه‌گیری و پیشنهادات پرداخته شده است. در فصل پنجم ضمن این‌که نتایج بدست آمده به صورت کلی و خلاصه ارائه شدند، پیشنهاداتی نیز در رابطه با ادامه تحقیقات ارائه شده است.

فصل دوم

سابقه تحقیق

۲-۱- مقدمه

همان گونه که گفته شد سرریزها از جمله سازه‌هایی هستند که در اندازه‌گیری و انتقال جریان آب در کانال‌ها و بسیاری موارد دیگر، مورد استفاده قرار می‌گیرند از این رو پایداری و مقاومت این سازه‌ها در برابر شرایط مختلف، دارای اهمیت فراوانی است. به همین علت تلاش‌های فراوانی صورت گرفته تا روابط تعیین شده برای اندازه‌گیری جریان این سازه‌ها با دقت بیشتری صورت گیرد.

در این فصل به نظریه‌ها و روابط ارائه شده در زمینه‌ی سرریزها و نیز ضریب تخلیه سرریزها پرداخته خواهد شد و همچنین در ادامه به تأثیری که رسوبات معلق و رسوبات ته‌نشین شده روی شرایط جریان و مخصوصاً تأثیری که روی ضریب تخلیه‌ی سرریزها می‌گذارند، بحث می‌شود و نظرات و پیشنهادهای سایر محققان ارائه خواهد شد.

۲-۲- تئوری سرریزها

سرریزها ساختمان‌هایی با ریزش جریان بوده و در عرض آنها روباز برای اندازه‌گیری میزان جریان آب ساخته می‌شوند (اکبریان، ۱۳۷۵). بر اساس تعریف وایت^۱ و همکاران (۱۹۷۰) سرریزها برحسب شکل تاج و این که آیا تمام یا بخشی از عرض کانال را گرفته‌اند، تقسیم‌بندی می‌شوند. در معمول‌ترین تقسیم‌بندی‌ها شفاعی بجزستان (۱۳۸۷) سرریزها را به دو گروه سرریزهای لبه تیز و سرریزهای لبه پهن تقسیم می‌کند. طبق تعریف بیرامی (۱۳۹۰) سرریزها بر اساس محل قرارگیری نسبت به سد، به سرریزهای اوجی (پیوند) و سرریزهای لبه پهن تفکیک می‌شوند. همچنین سرریزها به شکل‌های مستطیلی، مثلثی، دوزنقه‌ای و سهموی ساخته می‌شوند.

۲-۳- انواع سرریزها

۲-۳-۱- سرریزهای لبه تیز

این نوع سرریز عموماً از یک صفحه قائم کار گذاشته شده در مسیر جریان تشکیل شده که دارای

^۱ White

لبه و تاجی نسبتاً تیز در بالا (محلی که آب از روی آن عبور می‌کند) است. سرریزهای لبه تیز افزون بر این که به‌عنوان وسیله‌ای برای اندازه‌گیری دبی در کانال باز مورد استفاده قرار می‌گیرند، به‌عنوان یک سازه که باعث افزایش ارتفاع و حجم آب در بالادست شده و آب از روی آن می‌گذرد نیز به کار می‌روند و از آنجاکه تئوری هیدرولیکی مربوط به این سرریزها به‌عنوان پایه و اساس محاسبات و طراحی سرریزهای لبه پهن (سرریز سدها) به کار می‌رود، از اهمیتی ویژه برخوردارند (کلمنز^۱ و همکاران، ۲۰۰۱).

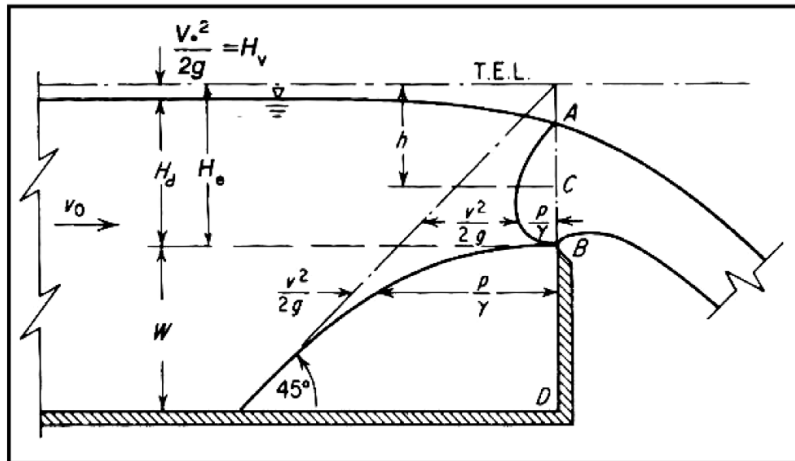
برای محاسبه دبی جاری شده از روی سرریزهای لبه تیز، مفهوم عمق بحرانی در روی سرریز قابل

استفاده نبوده بلکه برای این منظور چانسون^۲ (۲۰۰۴) فرضیه‌های زیر را ارائه می‌کند:

۱. ارتفاع آب بر روی سرریز همان است و انقباض و کاهش عمقی وجود ندارد؛

۲. سرعت آب بر روی سرریز، در راستای افقی، ثابت است؛

۳. فشار آب در تمام مقطع AB در شکل (۱-۲) همان فشار اتمسفریک است؛



شکل ۱-۲-۱- نیمرخ جریان روی سرریز (حسینی و ابریشمی، ۱۳۸۵)

۲-۳-۱-۱- سرریز لبه تیز مستطیلی هم‌عرض کانال

یکی از انواع سرریزهای لبه تیز سرریز مستطیلی هم‌عرض کانال است که در داخل یک کانال

مستطیلی قرار گرفته و لذا یک جریان دوبعدی در روی سرریز وجود دارد. با توجه به فرضیه‌های ذکر شده

^۱ Clemmens

^۲ Chanson

در بخش پیش و نوشتن رابطه $h = \frac{V^2}{2g}$ در نقطه‌ای نظیر C در مقطع AB (شکل ۱-۲)، خواهیم داشت (شامس^۱، ۱۹۸۸):

$$V = \sqrt{2gh} \quad (1-2)$$

و لذا مقدار دبی جاری شده از روی سرریز برابر خواهد شد با:

$$Q = Lq = L \int_{H_v}^{H_e} V dh = L \sqrt{2g} \int_{H_v}^{H_e} h^{0.5} dh = \frac{2}{3} \sqrt{2gL} [H_e^{1.5} - H_v^{1.5}] \quad (2-2)$$

در این رابطه L عرض کانال است. با توجه به فرضیه‌های در نظر گرفته شده در عمل مقدار دبی سرریز از مقدار بالا کمتر بوده و بستگی به شکل سرریز و نیز انحنای خطوط جریان روی سرریز دارد که با معرفی ضریب C_d به عنوان ضریب شدت جریان یا ضریب تخلیه، معادله به صورت زیر تصحیح می‌گردد (چاو^۲، ۱۹۵۹):

$$Q = \frac{2}{3} C_d \sqrt{2gL} H_d^{1.5} \quad (3-2)$$

تغییرات C_d که تابعی از $\frac{H_d}{W}$ (ارتفاع سرریز) است، به وسیله رابطه‌ی رهبوک به صورت رابطه‌ی (۴-۲) داده می‌شود که برای مقادیر $\frac{H_d}{W} \leq 5$ قابل استفاده است.

$$C_d = 0.611 + 0.08 \frac{H_d}{W} \quad (4-2)$$

اگر $10 < \frac{H_d}{W} < 5$ باشد، مقدار C_d به تدریج از مقدار به دست آمده از معادله بالا فاصله گرفته و برابر با ۱/۱۳۵ می‌شود. برای مقادیر $20 < \frac{H_d}{W} < 10$ هنوز پژوهش‌های کاملی در این زمینه صورت نگرفته و اگر $\frac{H_d}{W} > 20$ باشد، سرریز به صورت یک آب‌پایه (Sill) که در انتهای یک کانال افقی قرار دارد، عمل می‌کند و به گونه‌ی تجربی ثابت شده است که در چنین حالتی جریان در بالادست سرریز یا آب‌پایه،

¹ Shames

² Chow

بحرانی می شود (چاو^۱، ۱۹۵۹).

۲-۳-۱-۲ - سرریز لبه تیز مستطیلی با فشردگی جانبی

در این نوع سرریزها به جهت وجود جریان سه بعدی، طول مؤثر سرریز که امکان عبور آب را میسر می سازد L_e ، از طول اجرایی آن کمتر بوده که باید در معادله مربوطه اعمال گردد (حسینی و ابریشمی، ۱۳۸۵).

از جمله معادلات مشهوری که بدین منظور به کار می رود، معادله فرانسویس^۲ بوده که به صورت زیر نوشته می شود (حسینی و ابریشمی، ۱۳۸۵):

$$L_e = L - 0.2H_d \quad (۵-۲)$$

همچنین ضریب شدت جریان در چنین حالتی، علاوه بر آن که با تغییرات $\frac{H_d}{W}$ تغییر می کند، تابع $\frac{L}{b}$ نیز خواهد بود. کیندسواتر^۳ و کارتر^۴ (۱۹۵۷) برای چنین سرریزهایی رابطه زیر را پیشنهاد دادند (حسینی و ابریشمی، ۱۳۸۵):

$$Q = \frac{2}{3} C_{de} \sqrt{2g} L_e H_{de}^{1.5} \quad (۶-۲)$$

$$L_e = L + K_L \quad (۷-۲)$$

$$H_{de} = H_d + K_H \quad (۸-۲)$$

$$C_{de} = K_1 + K_2 \left(\frac{H_d}{w} \right) \quad (۹-۲)$$

L_e : طول مؤثر

¹ Chow

² Francis

³ Kindswater

⁴ Karter

H_{de} : ارتفاع مؤثر

C_{de} : ضریب دبی

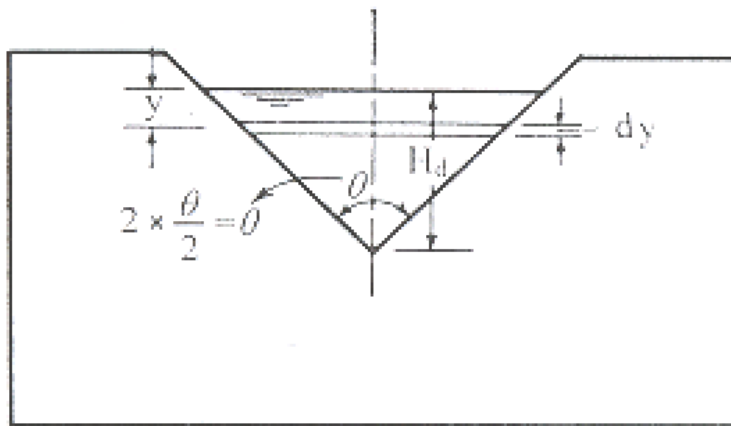
مقادیر K_1, K_2, K_L و K_H بر حسب تغییرات $\frac{L}{b}$ در جدول (۱-۲) آورده شده‌اند:

جدول ۱-۲- مقادیر عوامل مؤثر در معادله ۶-۲

L/b	$K_L(m)$	$K_H(m)$	K_1	K_2
1	-0.0009	0.001	0.602	0.075
0.9	0.0037	0.001	0.599	0.064
0.8	0.0043	0.001	0.597	0.045
0.7	0.0041	0.001	0.595	0.03
0.6	0.0037	0.001	0.593	0.018
0.5	0.003	0.001	0.592	0.011
0.4	0.0027	0.001	0.591	0.0058
0.3	0.0025	0.001	0.59	0.002
0.2	0.0024	0.001	0.589	-0.0018
0.1	0.0024	0.001	0.588	-0.0021

۲-۳-۱-۳- سرریز لبه تیز مثلثی

سرریزهای لبه تیز مثلثی که به صورت متقارن در یک صفحه‌ی نازک و عمود بر کناره‌ها و کف کانال قرار می‌گیرند، به دلیل دارا بودن سطح مقطع نسبتاً کوچک‌تر، در دبی‌های کم، حساسیت بیشتری نسبت به تغییر ارتفاع داشته و بنابراین در اندازه‌گیری دبی‌های کم، در مقایسه با سرریزهای مستطیلی از دقت بیشتری برخوردارند. به همین دلیل در انجام اندازه‌گیری‌های حساس و دبی‌های کم و کارهای آزمایشگاهی، بیش‌تر از سرریزهای مثلثی که به سرریزهای V شکل نیز موسوم‌اند، استفاده می‌شود (حسینی و ابریشمی، ۱۳۸۵).



شکل ۲-۲- سرریز لبه تیز مثلثی (حسینی و ابریشمی، ۱۳۸۵)

معادله دبی این نوع سرریزها که از روش تحلیلی و با همان فرضیات چانسون^۱ (۲۰۰۴) به دست می‌آید، به صورت زیر است (چاو^۲، ۱۹۵۹):

$$Q = \frac{8}{15} \sqrt{2g} (\tan \frac{\theta}{2}) H_d^{2.5} \quad (10-2)$$

که در آن از انرژی حرکتی $(\frac{V_0^2}{2g})$ صرف نظر شده است، اما مقدار حقیقی دبی از آنچه از معادله بالا به دست می‌آید، متفاوت است و بنابراین جهت تعدیل آن، معادله زیر پیشنهاد می‌شود (چاو، ۱۹۵۹):

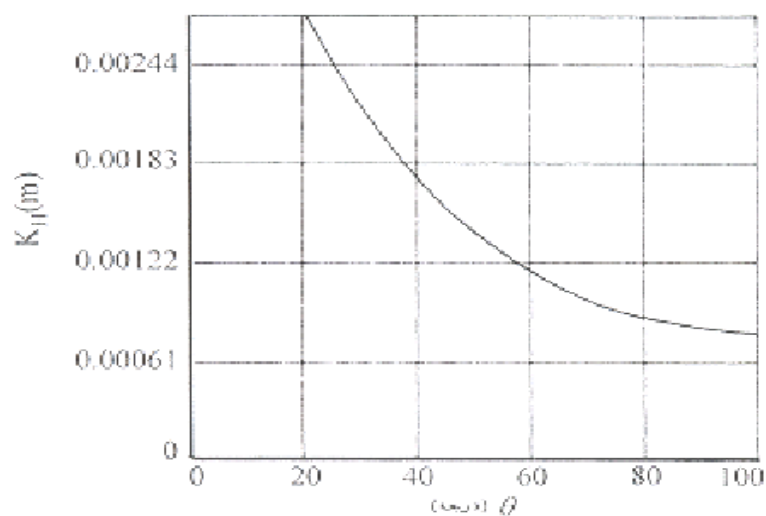
$$Q = \frac{8}{15} \sqrt{2g} C_{de} (\tan \frac{\theta}{2}) H_{de}^{2.5} \quad (11-2)$$

$$H_{de} = H_d + K_H \quad (12-2)$$

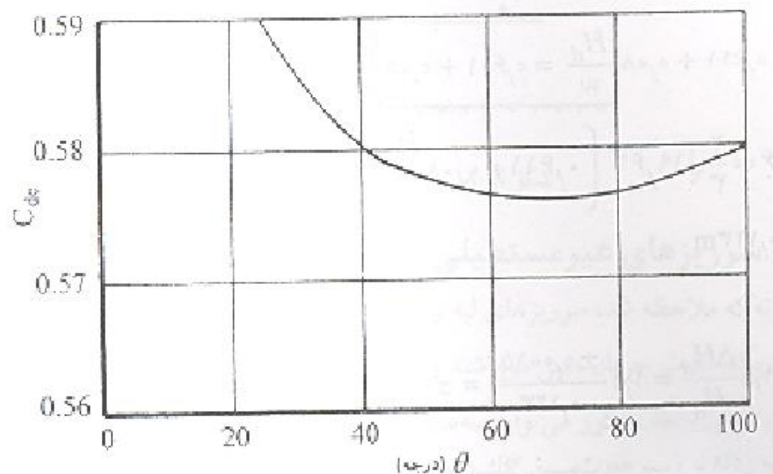
مقدار K_H برای زوایای گوناگون سرریز مثلثی در نمودار شکل (۲-۳) مشخص شده است و مقدار C_{de} که ضریب شدت جریان است، با استفاده از نمودار شکل (۲-۴)، به دست می‌آید (حسینی و ابریشمی، ۱۳۸۵).

¹ Chanson

² Chow



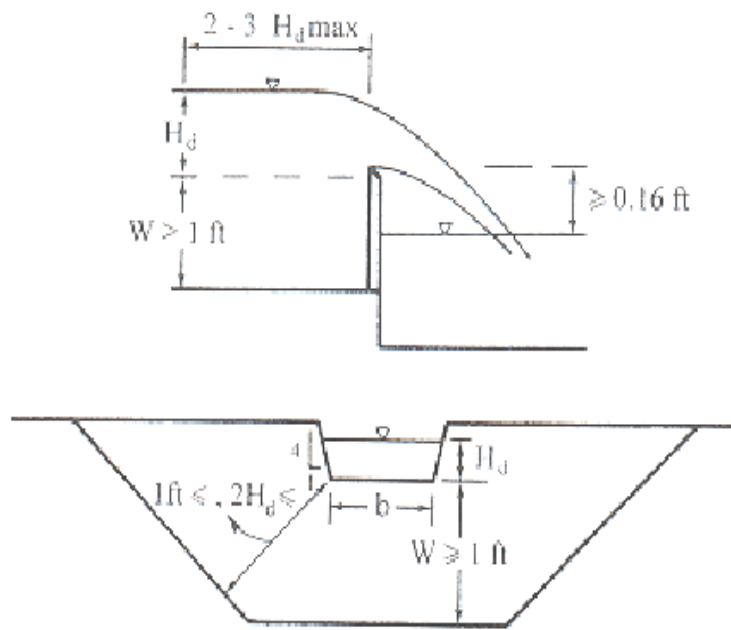
شکل ۳-۲- مقادیر K_H بر حسب زاویه θ (حسینی و ابریشمی، ۱۳۸۵)



شکل ۴-۲- مقادیر C_{de} بر حسب زاویه θ (حسینی و ابریشمی، ۱۳۸۵)

۲-۳-۱-۴- سرریز سیپولتی

این نوع سرریز دارای مقطع کنترل ذوزنقه‌ای شکل (شکل ۲-۵) است که دارای تاج افقی و کناره‌های با شیب ۴:۱ (14°) است. اگرچه دقت اندازه‌گیری دبی در این سرریز به اندازه‌ی سرریزهای مثلثی و مستطیلی نیست، اما از آنجاکه می‌تواند در کانال‌های غیر مستطیلی نیز به کار می‌رود، مورد استفاده فراوان دارد (حسینی و ابریشمی، ۱۳۸۵).



شکل ۲-۵- سرریز سیپولتی (حسینی و ابریشمی، ۱۳۸۵)

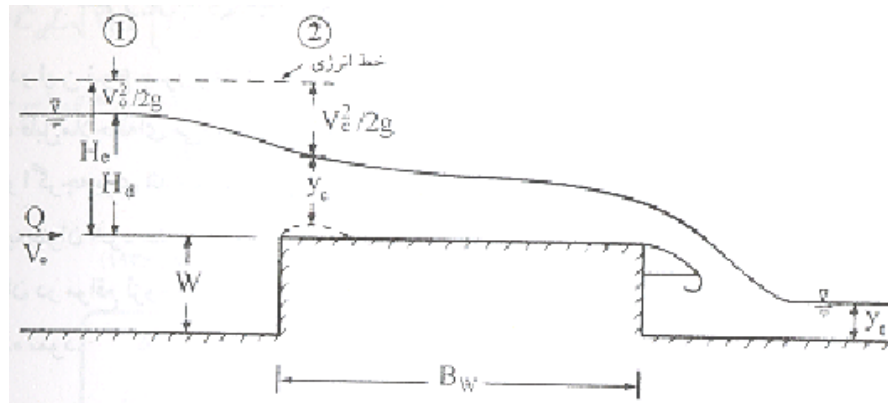
۲-۳-۲- سرریزهای لبه پهن

در این نوع سرریزها، لبه سرریز به اندازه کافی پهن بوده و در مقایسه با سایر ابعاد دارای اندازه قابل توجهی است. تاج سرریزهای لبه پهن، افقی و یا دارای انحنای ویژه‌ای بوده و اگرچه برای اندازه‌گیری دبی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند، اما بیشتر به عنوان سرریز سدها و گاه به عنوان خود سد (در صورتی که آب مجاز به گذشتن از روی آن باشد) به کار می‌روند و در عین حال می‌توان در مواقع لزوم برای ذخیره نمودن حجم‌های زیاد آب و ارتفاع‌های بالا، از سرریزهای لبه پهن استفاده نمود (کلمنز^۱ و همکاران، ۲۰۰۱).

۲-۳-۲-۱- سرریزهای لبه پهن افقی

این سرریزها می‌توانند به اشکال مختلف مستطیلی، مثلثی، دوزنقه‌ای و ... باشند در حالی که تاج آن‌ها پهن و افقی است (حسینی و ابریشمی، ۱۳۸۵).

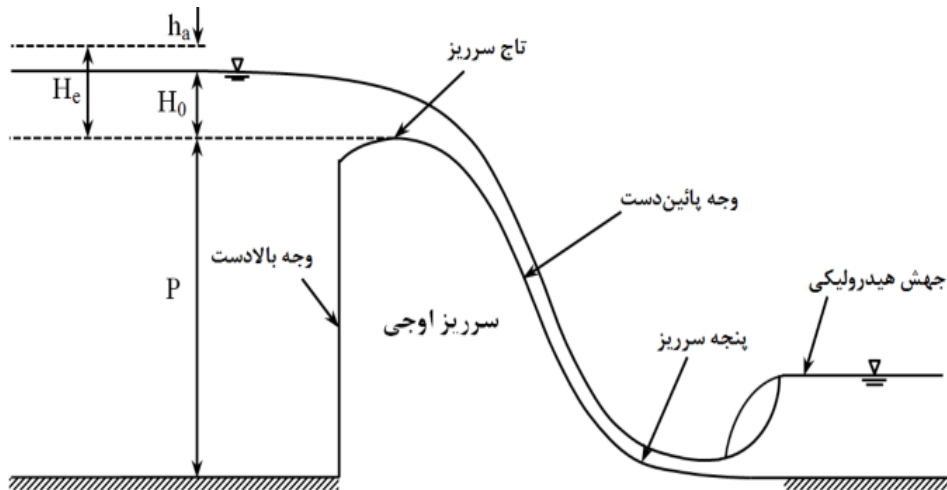
^۱ Clemmens



شکل ۲-۶- سرریز لبه‌پهن افقی (حسینی و ابریشمی، ۱۳۸۵)

۲-۳-۲- سرریزهای اوجی

معمول‌ترین و درعین‌حال ارزان‌ترین سرریزی که توانایی عبور مقدار زیادی آب از روی خود را دارد، سرریز اوجی است. این سرریزها اغلب در سدهای انحرافی به دلیل راندمان هیدرولیکی زیاد استفاده می‌شوند (محمودیان شوشتری، ۱۳۸۷). زمانی که این‌گونه سرریز به‌خوبی طراحی و احداث شود، می‌تواند جریان را به‌طور مؤثر عبور دهد و نیز امکان اندازه‌گیری دقیق جریان را فراهم می‌کند. به همین دلیل مهندسين عمران و هیدرولیک از آن به‌عنوان یک سازه اندازه‌گیری نیز استفاده می‌کنند (اکبریان، ۱۳۷۵). در ارتفاع‌های کمتر از ارتفاع طراحی سرریز، دبی عبوری از روی سرریز به دلیل مقاومت تاج در مقابل جریان کاهش می‌یابد و در ارتفاع‌های بیشتر از ارتفاع طراحی دبی عبوری افزایش یافته و در این حالت باید توجه خاصی به مسئله کاویتاسیون شود، زیرا ممکن است موجب تولید فشار کمتر از فشار بخار شود (حسینی و ابریشمی، ۱۳۸۵). هم‌چنین در چنین مواقعی که جریان فوق بحرانی است و انرژی جنبشی زیادی دارد، برای این‌که این انرژی جنبشی مخرب از آب گرفته شود، حوضچه‌های آرامش در انتهای سرریز اوجی به کار گرفته می‌شوند. این نوع سرریزها شامل چهار قسمت: وجه بالادست، تاج سرریز، وجه پایین‌دست و پنجه سرریز است (محمودیان شوشتری، ۱۳۸۷). نیم‌رخ تاج مانند مسیر سطح زیرین جریان آب از روی یک سرریز لبه تیز با ارتفاع تاجی برابر ارتفاع سرریز روگذر در حالت جریان آزاد است (محمودیان شوشتری، ۱۳۸۷). در شکل (۲-۷) شمای کلی یک سرریز اوجی و قسمت‌های مختلف آن نشان داده شده است.



شکل ۲-۷- نمایی از یک سرریز اوجی و مشخصات آن (محمودیان شوشتری، ۱۳۸۷)

از آنجایی که نیمرخ سرریزهای اوجی با استفاده از منحنی سطح پایینی آب جاری شده از روی سرریز لبه تیز مستطیلی به دست می‌آید، می‌توان برای تعیین دبی آن از همان معادله دبی سرریز لبه تیز مستطیلی استفاده نمود.

$$Q = \frac{2}{3} C_d \sqrt{2g} L_e H_e^{1.5} = C_d L_e H_e^{1.5} \quad (۱۳-۲)$$

$$L_e = L - n K_e H_d \quad (۱۴-۲)$$

$$H_e = H_d + \frac{V_0^2}{2g} \quad (۱۵-۲)$$

L_e : طول مؤثر جریان آب (عرض کانال)

L : طول تاج (عرض کانال)

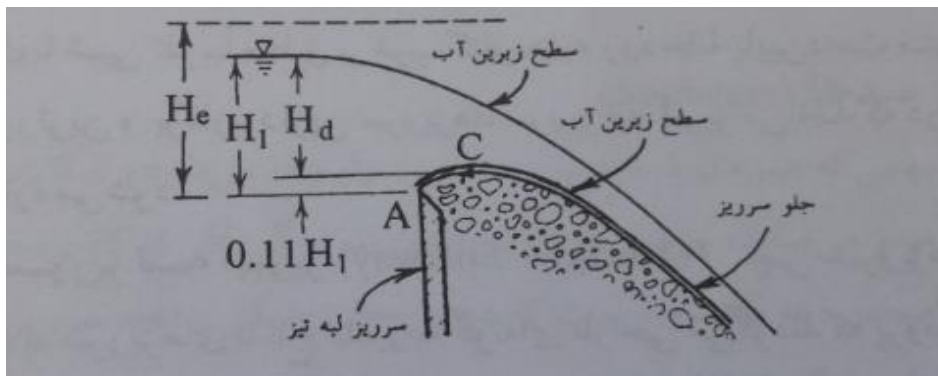
H_e : ارتفاع مؤثر

H_d : ارتفاع آب روی تاج سرریز

K_e : ضریب افت فشردگی

n : تعداد فشردگی جانبی در طول سرریز

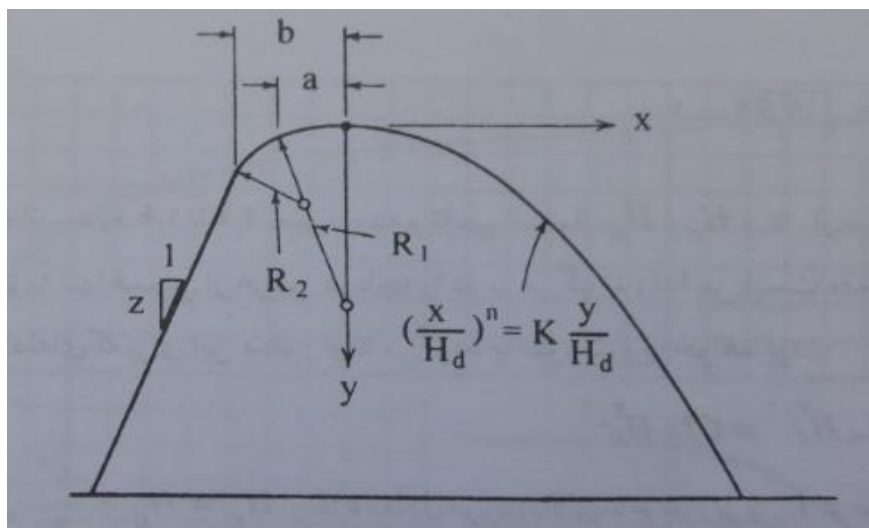
C_d : ضریب دبی



شکل ۲-۸- چگونگی تشکیل پروفیل تاج و جلو سرریز اوجی (حسینی و ابریشمی، ۱۳۸۵)

طبق پیشنهاد USBR، منحنی جلو سرریز را می توان از رابطه زیر به دست آورد:

$$\left(\frac{x}{H_d}\right)^n = K \frac{y}{H_d} \quad (17-2)$$



شکل ۲-۹- منحنی پروفیل های جلو و تاج سرریز اوجی (حسینی و ابریشمی، ۱۳۸۵)

مقادیر K و n تابعی از شیب سرریز در بالادست بوده و برای تعیین آن ها و همچنین محاسبه

پروفیل تاج سرریز در بالادست از جدول (۲-۲) استفاده می کنیم.

جدول ۲-۲- تعیین عوامل مختلف جهت طراحی سرریز اوجی

B	a	R2	R1	K	n	z
0.282Hd	0.175Hd	0.2Hd	0.5Hd	2	1.85	∞
0.237Hd	0.139Hd	0.21Hd	0.68Hd	1.936	1.836	3
0.214Hd	0.115Hd	0.22Hd	0.48Hd	1.939	1.81	1.5
0.119Hd	0.119Hd	0	0.45Hd	1.873	1.776	1

۴-۲- ضریب دبی (Ca)

به دلیل اهمیت اندازه‌گیری جریان و یا تعیین مجاری با ظرفیت تخلیه مورد نظر در طراحی، تلاش‌های زیادی انجام شده تا روابط تعیین‌شده برای سرریزها، دقت بیشتری داشته باشند. به‌منظور دستیابی به مقادیر واقعی تخلیه جریان از این مجاری با استفاده از روابط ارائه‌شده بر اساس مبانی نظری و هیدرودینامیکی حاکم بر این‌گونه سازه‌ها، معمولاً از یک ضریب اصلاحی با عنوان ضریب تخلیه (Cd)^۱، استفاده می‌شود و تمامی عوامل مؤثر بر همسان‌سازی روابط با میزان واقعی جریان در این ضریب به‌صورت یکجا گنجانده می‌شود. طرح هیدرولیکی و رفتار هیدرودینامیکی این سازه‌ها در انتقال آب، مستقیماً تابع این ضرایب هیدرولیکی است (اکبریان، ۱۳۷۵).

۵-۲- هیدرولیک جریان‌های رسوبی

به هر ذره‌ای که توسط جریان سیال حمل شده و سرانجام ته‌نشین شود، رسوب گفته می‌شود. اندازه رسوبات با توجه به مشخصات هیدرولیک جریان متفاوت بوده و از موادی مانند رس، سیلت، ماسه و حتی شن نیز تشکیل می‌گردند. به مجموع کل بار رسوب معلق و بار بستر، دبی کل رسوب گفته می‌شود. نیروی غالب برای حرکت رسوبات چسبنده نظیر رس و سیلت، نیروهای الکتریکی و برای رسوبات غیرچسبنده نظیر شن و ماسه، نیروی گرانشی است. رسوبات بستر به دو شکل بار بستر و بار معلق منتقل می‌شوند. زمانی که شدت جریان روی کف اندکی از مقدار بحرانی افزایش یابد، ذرات به شکل لغزش، غلتش و پرش شروع به حرکت خواهند کرد که بار بستر گفته می‌شوند. با افزایش شدت

¹ Discharge Coefficient

جریان طول جهش ذرات افزایش یافته و ذرات به شکل بار معلق منتقل می‌شوند (شفاعی بجستان، ۱۳۸۶).

اندازه، شکل، جرم حجمی، وزن مخصوص و سرعت سقوط از جمله ویژگی‌های مهم یک ذره رسوبی هستند که در مطالعه‌ی چگونگی انتقال رسوب از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. اندازه ذره از اساسی‌ترین ویژگی‌های ذره رسوبی است که به‌آسانی تعیین می‌شود. به دست آوردن و تعیین اندازه ذرات به‌تنهایی می‌تواند بیانگر ویژگی‌های فیزیکی آن‌ها باشد. این ویژگی‌های رسوبی در بسیاری از مسائل کاربردی مفید واقع می‌شوند. اندازه ذره با استفاده از آزمایش الک با شبکه‌های مشخص به دست می‌آید (شفاعی بجستان، ۱۳۸۶).

۲-۶- مطالعات انجام‌شده در زمینه ضریب تخلیه سرریز

پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه ضرایب دبی سرریزها، شامل بررسی تأثیر بار آبی بالادست، ارتفاع سرریز، تأثیر کشش سطحی و لزجت آب بوده است. به‌طور کلی ضریب تخلیه سرریز از عمق جریان نزدیک به سرریز، رابطه شکل واقعی تاج سرریز و شکل ایده‌آل فواره پرتاب جریان آب، شیب وجه بالادست سرریز، رقوم کف پایین‌دست و استغراق پایین‌دست تبعیت می‌کند (بوس^۱، ۱۹۷۶).

رهبوک^۲ (۱۹۲۹) با مطالعه روی ضریب تخلیه سرریزهای مستطیلی، ارتفاع سرریز، بار آبی روی آن و کشش سطحی آب را مؤثر دانسته و معادله زیر را برای ضریب تخلیه سرریز لبه‌تیز ارائه کرده است:

$$C_d = 0.611 + 0.075 \frac{H_d}{w} + \frac{0.36}{H_d \sqrt{\frac{\rho g}{\sigma} - 1}} \quad (2-18)$$

σ : کشش سطحی آب

ρ : جرم واحد حجم آب

¹ Boss

² Rehbook

W : ارتفاع سرریز

راوس^۱ (۱۹۴۶) رابطه ساده زیر را که فقط شامل دو جمله اول رابطه رهبوک است، برای ضریب تخلیه سرریزهای لبه تیز پیشنهاد کرده است:

$$C_d = 0.611 + 0.075 \frac{H_d}{w} \quad (19-2)$$

کیندسواتر^۲ و کارتر^۳ (۱۹۵۷) اثر لزجت و کشش سطحی را بر ضریب تخلیه مطالعه کرده و پی بردند که اثر نادیده گرفتن لزجت و کشش سطحی با زیاد شدن ارتفاع آب به اندازه‌ی ۰/۱ متر و کاهش عرض سرریز به اندازه ۰/۹ متر می‌تواند جبران شود. بر این مبنا رابطه زیر را پیشنهاد کرده‌اند که فقط در واحد SI اعتبار دارد:

$$C_d = (0.611 + 0.075 \frac{H_d}{w}) (1 - \frac{0.9}{b}) (1 + \frac{0.1}{H_d})^{1.5} \quad (20-2)$$

رانگاراچو^۴ و آساوا^۵ (۱۹۷۷) با در نظر گرفتن اثر کشش سطحی و لزجت، رابطه زیر را پیشنهاد کردند:

$$C_d = K \left(0.611 + 0.075 \frac{H_d}{w} \right) \quad (21-2)$$

$$K = f(Re^{0.2} We^{0.6}) \quad (22-2)$$

$$Re = \frac{g^{0.5} H_d^{1.5}}{v} \quad (23-2)$$

$$We = \frac{\rho g H_d^2}{\sigma} \quad (24-2)$$

گیل^۶ (۱۹۸۵) رابطه زیر را برای تأثیر لزجت و کشش سطحی ارائه داد:

¹ Rouse

² Kindswater

³ Karter

⁴ Ranga Raju

⁵ Asawa

⁶ Gill

$$K=1.576-0.088 \log_e (Re^{0.2} We^{0.6}) \quad (25-2)$$

سارگینسون^۱ (۱۹۷۲) با در نظر گرفتن تأثیر کشش سطحی رابطه زیر را پیشنهاد کرده است:

$$C_d=0.613+0.0745 \frac{H_d}{w} + \frac{1.492Q}{\rho g H_d^2} \quad (26-2)$$

۲-۷ - مطالعات انجام شده در زمینه تأثیر رسوبات بر روی جریان

طبق بررسی‌های انجام شده وجود رسوب در جریان، سبب تغییر نیمرخ سرعت جریان یکنواخت نسبت به جریان آب صاف می‌گردد. بر طبق تئوری طول اختلاف پراتل، قانون توزیع سرعت جریان عبوری از بستر صاف و زیر به صورت زیر بیان می‌شود (یانگ^۲، ۱۹۹۶):

$$\frac{U}{U_*} = \frac{2.303}{K} \log \left(\frac{U_* y}{\nu} \right) + 5.5 \quad (27-2)$$

$$\frac{U}{U_*} = \frac{2.303}{K} \log \left(\frac{y}{k_s} \right) + 8.5 \quad (28-2)$$

U : سرعت جریان در فاصله y از بستر

U^* : سرعت برشی جریان

ν : لزجت سینماتیک سیال

K : ثابت کارمن (برای آب صاف ۰/۴ فرض می‌شود)

k_s : زبری معادل نیکورادزه

نونونی^۳ و اسماعیل^۴ با مطالعه‌ای که روی داده‌های آزمایشگاهی انجام دادند، دریافتند که ضریب ثابت کارمن اغلب برابر ۰/۴ نیست. بررسی‌های انیشتین^۵ و چین^۶ نشان داده است که حضور رسوب در

¹ Sarginson

² Yang

³ Venoni

⁴ Ismail

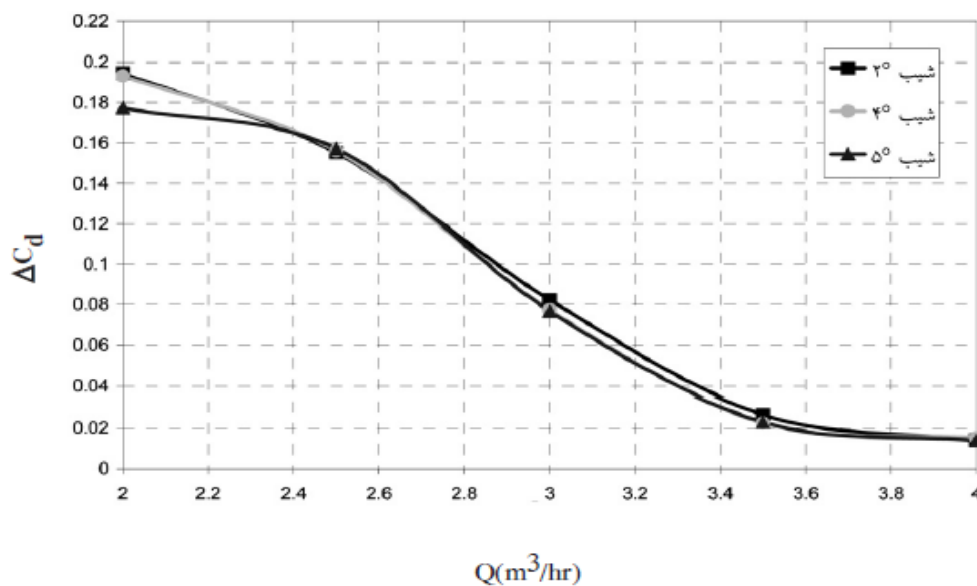
⁵ Einstain

⁶ Chien

جریان، سبب کاهش ضریب کارمن می‌شود (رانگاراچو^۱ و گارد^۲، ۲۰۰۰).

ونونی^۳ و نامیکوس^۴ دریافتند که وقتی رسوب به داخل جریان آب صاف اضافه می‌شود، ضریب کارمن کاهش می‌یابد و نشان دادند که ثابت کارمن بر اثر تلاطم ناشی از گرادیان بالای غلظت و افزایش گرادیان سرعت نزدیک بستر کانال کاهش می‌یابد (رانگاراچو و گارد، ۲۰۰۰).

دیزجی و محمودخانی (۱۳۸۸) در آزمایشی در شرایط پایدار بر روی سرریزهای مستطیلی، مثلثی، اوجی و روگذر در یک کانال روباز که در آن آب همراه با بار معلق در سه شیب مختلف جریان داشت، به این نتیجه رسیدند که رسوبات مخصوصاً در دبی‌های پایین سبب کاهش ۱ تا ۱۲ درصدی ضریب تخلیه سرریز می‌گردند اما در دبی‌های بالا اختلاف بین ضریب تخلیه آب صاف و آب حاوی رسوب بسیار کم بوده که این به معنای بی‌اثر بودن تأثیر رسوبات بر ضریب تخلیه در دبی‌های بالاست. به‌عنوان نمونه تغییرات ضریب دبی نسبت به دبی برای سرریز اوجی در شکل (۲-۱۲) آورده شده است.



شکل ۲-۱۰- مقایسه ضریب دبی سرریز اوجی آب خالص و آب حاوی رسوب (دیزجی و محمودخانی، ۱۳۸۸)

عابری فروتن و ایوب‌زاده (۱۳۸۳) با آزمایش روی یک فلوم مستطیلی همراه با سیستم گردش

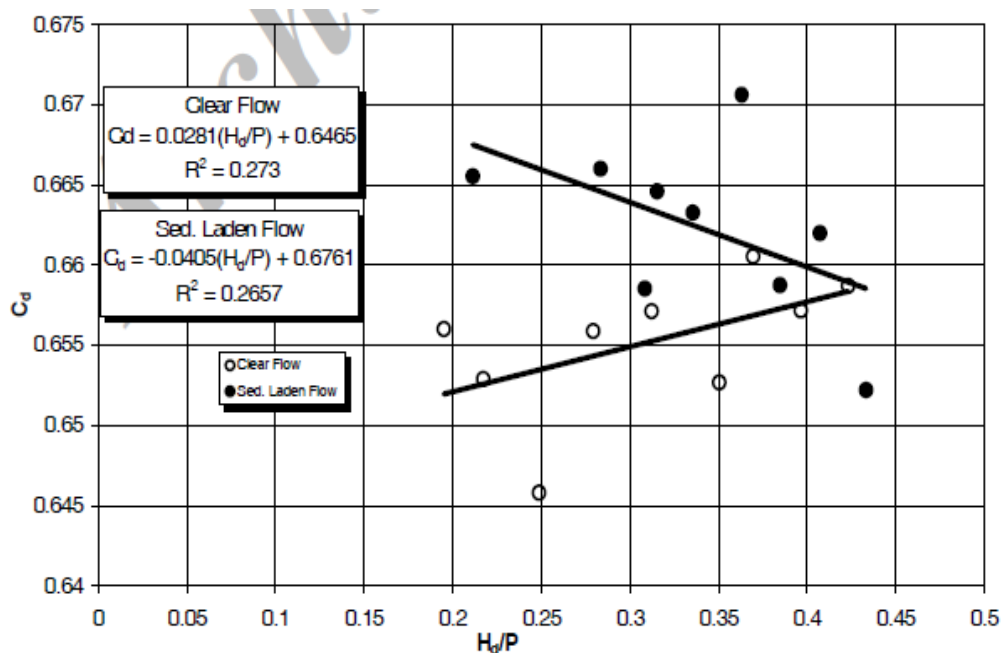
¹ Ranga Raju

² Gard

³ Venoni

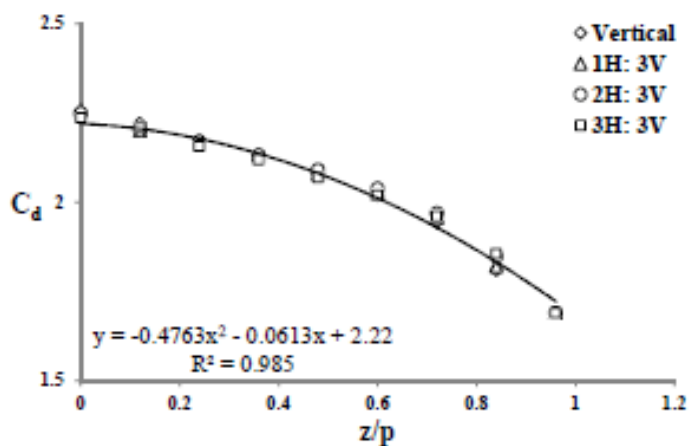
⁴ Nomicos

جریان رسوبی که بار معلق را وارد جریان آب می‌کند، نشان دادند به علت این که جریان عبوری از روی سرریزها تابع خصوصیات جریان است، لذا جریان رسوبی عبوری از روی سرریز، رفتاری شبیه اثر بار معلق در کانال با جریان یکنواخت را نشان می‌دهد. همان‌طور که شکل (۲-۱۲) نشان می‌دهد، در بارهای آبی یکسان ضریب تخلیه جریان حاوی بار معلق بیشتر از ضریب تخلیه جریان آب خالص بوده اما به‌طور کلی با افزایش بار آبی، ضریب تخلیه آب خالص افزایش یافته ولی ضریب دبی آب حاوی رسوب سیر نزولی دارد.



شکل ۲-۱۱- مقایسه ضریب تخلیه سرریز در جریان آب صاف و آب حاوی رسوب (عابری فروتن و ایوبزاده، ۱۳۸۳)

دستورانی و نصرآبادی (۱۳۹۱) با آزمایشی که به مطالعه اثرات ته‌نشینی رسوبات در پشت سرریز اوجی بر شرایط جریان می‌پرداخت، نشان دادند که با افزایش رسوب پشت سرریز اوجی ضریب دبی کاهش می‌یابد تا آنجا که وقتی ارتفاع رسوب به حداکثر میزان پشت سرریز می‌رسد، ضریب دبی حدود ۲۵ درصد کاهش یافت. شکل (۲-۱۳) تغییرات ضریب تخلیه نسبت به افزایش رسوب را نشان می‌دهد که Z ارتفاع رسوب و P ارتفاع سرریز است.



شکل ۲-۱۲- تغییرات ضریب تخلیه با افزایش رسوب پشت سرریز (دستورانی و نصرآبادی، ۱۳۹۱)

بهره‌ور و همکاران (۱۳۹۲) با آزمایش روی سرریز اوجی و مطالعه روی تأثیر بالا آمدن بستر بالادست سرریز اوجی توسط رسوبات روی ضریب تخلیه‌ی آن، به این نتیجه دست یافتند که هرچه بستر بالادست سرریز بالاتر بیاید، ضریب تخلیه کاهش خواهد یافت.

احسانی و همکاران (۱۳۸۴) با مطالعه روی سد لاستیکی و بررسی تأثیر پارامترهای مختلف مثل لزجت، کشش سطحی و زبری روی ضریب تخلیه‌ی سرریز، نتیجه گرفتند که هرچه ارتفاع آب روی سرریز افزایش می‌یابد، ضریب تخلیه افزایش می‌یابد و هم‌چنین اگر ارتفاع آب روی سرریز کم‌تر از یک سانتی‌متر باشد، افزایش لزجت و کشش سطحی موجب افزایش ضریب تخلیه می‌گردد و نیز هرچه زبری بدنه‌ی سد بیشتر می‌گردد، ضریب تخلیه هم افزایش می‌یابد.

بهرامی یاراحمدی و شفافی بجزستان (۱۳۹۰) با مطالعه روی تأثیر شکل ذرات رسوبی بستر بر ضریب زبری مانینگ، نتیجه گرفتند که در طول یک بستر زبر در جهت جریان، هم نیروی درگ اصطکاکی و هم نیروی درگ فشاری از سیال بر بستر اثر می‌کنند. با شرایط هیدرولیکی یکسان، هرچقدر اندازه زبری‌های بستر بزرگ‌تر باشند به دلیل اینکه سطحی از ذرات که در برابر جریان قرار می‌گیرد بزرگ‌تر می‌شود پس نیروی درگ فشاری بیشتر می‌شود از طرفی نیروی درگ اصطکاکی نیز با بزرگ‌تر شدن اندازه ذرات بستر بزرگ‌تر می‌شود در نتیجه نیروی درگ کل وارده از سیال بر بستر بزرگ‌تر می‌شود،

پس افت جریان بیشتر می‌شود. به همین دلیل است که با شرایط هیدرولیکی یکسان با بزرگ‌تر شدن اندازه ذرات بستر، ضریب زبری مانینگ، افزایش می‌یابد.

نظریان و مجدزاده (۱۳۹۴) با بررسی اثر افزایش قطر دانه‌بندی روی زبری ذره و زبری فرم بستر در رودخانه‌های ماسه‌ای که روی رودخانه سیستان این مطالعه انجام شد، به این نتیجه رسیدند که با افزایش قطر دانه‌بندی رودخانه تمامی ضرایب زبری رودخانه افزایش می‌یابد.

۲-۸- جمع‌بندی مطالعات گذشته

درزمینه تأثیر رسوبات ته‌نشین شده در بالادست سرریز روی ضریب دبی سرریز، مطالعات کمی صورت گرفته است. از سوی دیگر با توجه به تحقیقات انجام‌شده درزمینه‌ی اثر رسوبات روی جریان، می‌توان این‌گونه برداشت نمود که رسوبات محلول در آب، موجب کاهش ضریب تخلیه می‌گردند و رسوبات ته‌نشین شده موجود در آب موجب افزایش زبری بستر می‌شوند که این افزایش زبری موجب کم شدن سرعت جریان آب می‌گردد از سوی دیگر افزایش ضخامت رسوبات ته‌نشین شده موجب بالا آمدن بستر و کم شدن سطح مقطع جریان عبوری می‌شوند که به علت ثابت بودن دبی جریان، با کاهش سطح مقطع عبوری جریان، لزوماً باید سرعت افزایش یابد.

فصل سوم

روش تحقیق

۳-۱- مقدمه

در طراحی سازه‌های هیدرولیکی موضوعاتی مطرح هستند که حل آن‌ها صرفاً به کمک تئوری امکان‌پذیر نبوده و به‌ناچار باید از راه‌های تجربی و آزمایشگاهی استفاده کنیم. به‌طور کلی راه‌حل‌های تحلیلی، تنها برای حل تعداد محدودی از مسائل جریان وجود دارد و در بسیاری از موارد به علت شرایط پیچیده‌ی جداره‌ها و کف، حل معادلات جریان فوق‌العاده مشکل بوده و نمی‌توان با استفاده از تئوری و روابط ریاضی و تحلیل آن‌ها، رفتار جریان را در واقعیت پیش‌بینی کرد.

در این فصل در مورد تجهیزات آزمایشگاهی مورد نیاز در پژوهش که در آزمایشگاه هیدرولیک دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود مورد استفاده قرار گرفت، شامل مشخصات فلوم مورد استفاده، سرعت‌سنج، و سرریزهای استفاده شده، توضیحاتی ارائه می‌شود. سپس به روش‌های اندازه‌گیری پارامترهای هیدرولیکی شامل تراز سطح آب، سرعت جریان و دبی جریان اشاره می‌گردد. در نهایت به موضوع آنالیز ابعادی و بی‌بعد سازی پارامترها پرداخته خواهد شد و روابط بی‌بعد و همگن شده ارائه می‌گردد.

۳-۲- فلوم

در این تحقیق از یک فلوم به عرض ۱۰ سانتی‌متر به‌منظور انجام آزمایش‌ها استفاده گردید. فلوم مورد نظر دارای اسکلت فلزی و اکثر قسمت‌های فلوم شامل مخزن آب فلوم و بستری که آب در آن جریان داشت هم از فلز ساخته شده است. تنها دیواره‌های محل عبور آب را از پلاستیک شفاف ساختند که جهت مشاهده رفتار و خصوصیات جریان قابل استفاده است. طول فلوم ۳ متر بوده و ارتفاع آن در تمام طول فلوم ۳۰ سانتی‌متر است. شکل (۳-۱) نمایی کلی از فلوم مورد استفاده در آزمایش را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۱- نمایی از فلوم آزمایش

این فلوم به گونه‌ای طراحی شده که دارای یک سیستم بسته جریان آب است، به طوری که ابتدا مخزن فلوم از آب پر می‌گردد. سپس توسط پمپی که درون مخزن قرار دارد، آب در فلوم به جریان درآمده و در پایین دست و انتهای فلوم، مجدداً آب وارد مخزن می‌گردد.

به منظور کنترل دبی جریان آب، یک شیر تنظیم کننده دبی روی مخزن فلوم نصب شده است که به محقق این امکان را می‌دهد که دبی را در مقادیر مختلف روی جریان آب فلوم اعمال کند که در شکل (۳-۲) نشان داده شده و دبی جریان بر اساس لیتر بر دقیقه روی دبی سنج نشان داده می‌شود.



شکل ۳-۲- مخزن و ابزار تنظیم جریان

۳-۳- سرریز

در این پایان‌نامه از دو سرریز اوجی با ارتفاع‌های ۱۶ و ۱۰ سانتی‌متری هم‌عرض کانال استفاده شد.



شکل ۳-۳- سرریزهای ۱۰ و ۱۶ سانتی‌متری

۳-۴- سرعت‌سنج

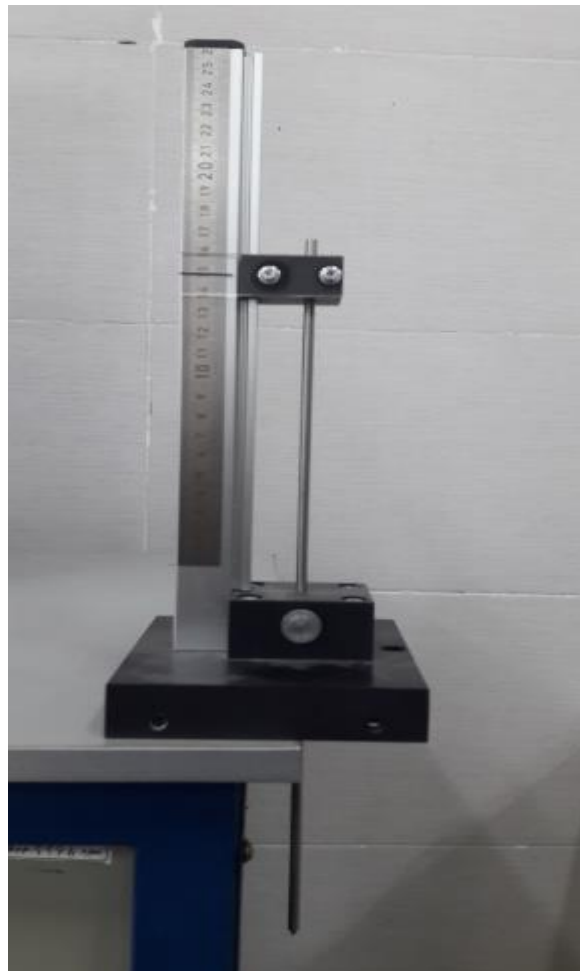
در تحقیق حاضر برای اندازه‌گیری سرعت جریان آب، از یک سرعت‌سنج استفاده شد که سرعت‌ها را در جهت‌های X که در راستای حرکت جریان بود، Y که در راستای جریان عمقی بود و Z1 و Z2 که در جهت جریان کناره‌ها بودند، مشخص می‌کرد.



شکل ۳-۴- سرعت‌سنج و ملزومات آن

۳-۵- ترازسنج

برای اندازه‌گیری تراز سطح آب از ترازسنج استفاده شد که ابتدا شاخص اندازه‌گیری نسبت به کف فلوم صفر شده آنگاه با جابه‌جایی شاخص در جهت عمود بر جریان، ترازهای آبی مورد نیاز برای داده‌برداری به‌دست می‌آمدند.



شکل ۳-۵- ترازسنج

۳-۶- روش انجام آزمایش

تحقیق حاضر در آزمایشگاه هیدرولیک دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود و بر روی یک فلوم مستطیلی به طول ۳ متر، عرض ۱۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر انجام شد.

قبل از این‌که آزمایش شروع شده و داده‌برداری صورت گیرد، اجزای فلوم شامل مخزن، کانال و

لوله‌های انتقال آب خوب شسته شده تا جریان آب، زلال و صاف بوده و هیچ ماده‌ی محلولی درون جریان آب نگردد. در گام بعدی رسوبات نیز به‌طور کامل شسته شدند تا هیچ بار معلق‌ی وارد جریان آب نشود.

به‌منظور پی بردن به میزان اثرگذاری رسوبات روی ضریب تخلیه سرریز اوجی در آزمایشگاه از دو سرریز ۱۶ و ۱۰ سانتی‌متری و از دو نوع رسوب با قطرهای متوسط ۱/۷ و ۳/۲ میلی‌متری استفاده شد که در بخش‌های بعدی مرحله دانه‌بندی شرح بیشتری داده خواهد شد. همچنین برای به‌دست آوردن تغییرات ضریب تخلیه تحت تأثیر رسوبات، دو نوع داده‌برداری صورت گرفت. در مرتبه اول داده‌های مربوط به تغییرات تراز سطح آب در فواصل ۳، ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متری سرریز در بالادست آن جمع‌آوری شد و در مرتبه دوم داده‌های مربوط به تغییرات سرعت در سه مقطع در فواصل ۳، ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متری در بالادست سرریز اندازه‌گیری شد طوری که در هر مقطع سرعت در چهار نقطه نزدیک بستر، یک‌دوم عمق جریان از بستر، دوسوم عمق جریان از بستر و نقطه‌ای در نزدیکی‌های سطح جریان آب، به‌دست آمده و ثبت گردید. البته بستر جریان که سطح مبنای آزمایش نیز می‌باشد، در مقاطعی که داده‌ها در آن‌ها جمع‌آوری شدند، با افزایش رسوب تغییر کرده و بالا می‌آید.

لازم به ذکر است که داده‌های عمق در دبی‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰ و ۸۰ لیتر بر دقیقه برداشته شد و داده‌برداری سرعت در دبی‌های ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ لیتر بر دقیقه انجام گرفت.

نحوه داده‌برداری به صورت مبسوط در قسمت‌های بعدی شرح داده شده است.

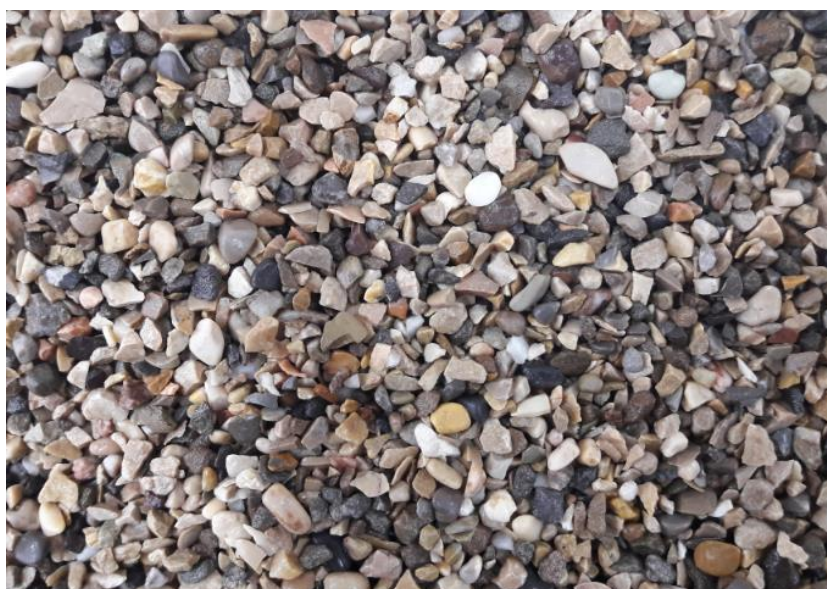
۳-۶-۱- دانه‌بندی

آزمایش دانه‌بندی در آزمایشگاه مکانیک خاک انجام شد. برای دانه‌بندی رسوبات از آزمایش الک استفاده شد به این صورت که یک سری الک از اندازه‌های درشت به ریز روی هم قرار دادند که اندازه قطر الک‌ها از بالا به پایین ریزتر می‌شد طوری که الکی که در زیرترین لایه قرار داشت، از همه ریزتر بود. سپس رسوبات روی بالاترین الک ریخته شد و دستگاه روشن شده و در اثر لرزشی که دستگاه به الک‌ها وارد می‌کرد، عمل الک کردن روی همه‌ی الک‌ها به‌طور هم‌زمان اجرا می‌شد. سپس وزن

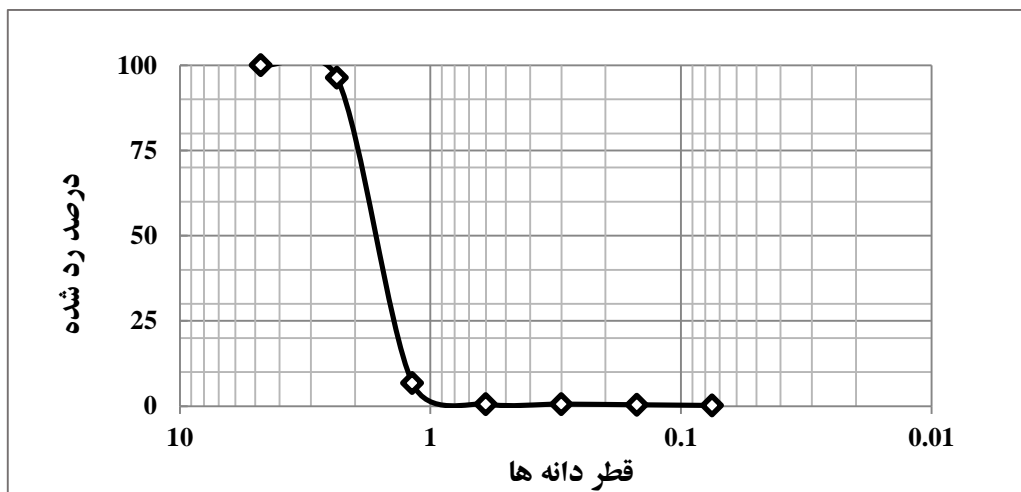
رسوبات باقی‌مانده روی هر الک محاسبه شده و درصد وزنی رسوبات به‌دست آمد و با استفاده از این درصد وزنی، منحنی دانه‌بندی رسم گردید. با استفاده از منحنی دانه‌بندی قطر متوسط ذرات عبوری از الک‌ها شناخته شد که این قطر با استفاده از نمودارهای رسم شده حاصل از آزمایش الک به‌دست آمد که در شکل‌های (۳-۶) و (۳-۸) نشان داده شده است.



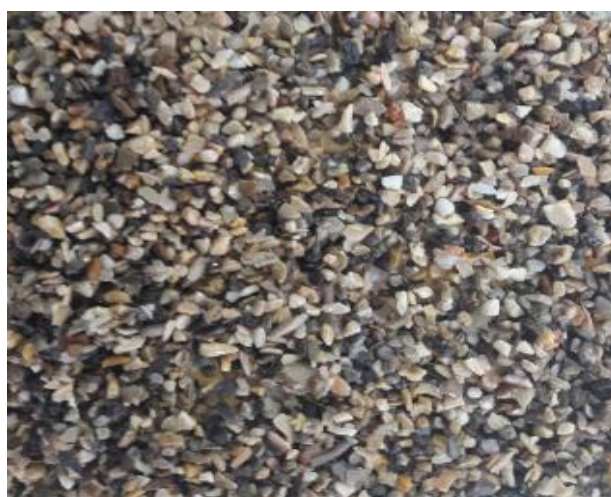
شکل ۳-۶- نمودار دانه‌بندی رسوبات با قطر متوسط ۳/۲ میلی‌متر



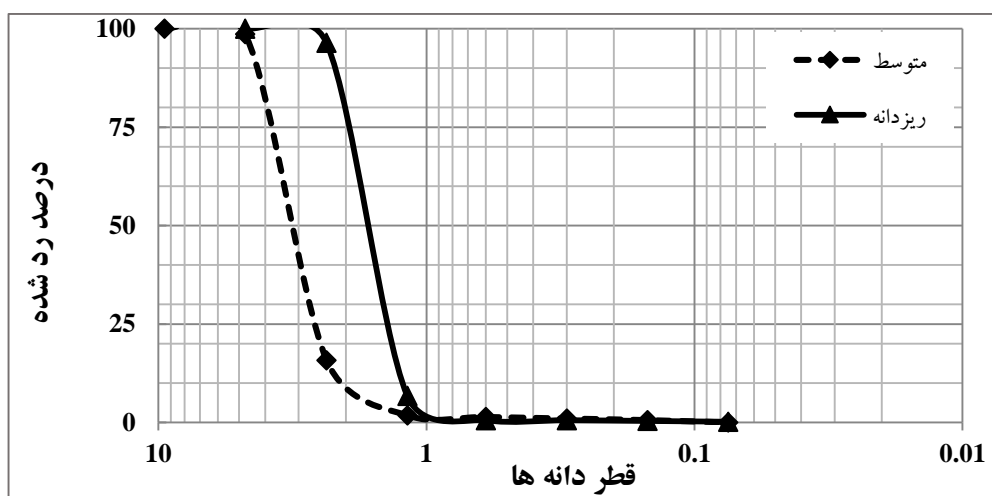
شکل ۳-۷- رسوبات با قطر متوسط ۳/۲ میلی‌متر



شکل ۳-۸- نمودار دانه‌بندی رسوبات با قطر متوسط ۱/۷ میلی‌متر



شکل ۳-۹- رسوبات با قطر متوسط ۱/۷ میلی‌متر



شکل ۳-۱۰- مقایسه دو نوع رسوب

۳-۶-۲- اندازه‌گیری تراز سطح آب

برای به‌دست آوردن تراز آب، از ترازسنج استفاده شد. به این صورت که ابتدا شاخص نسبت به بستر فلوم صفر گردید و سپس عمق جریان به ازای دبی‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰ و ۸۰ لیتر بر دقیقه در فواصل ۳، ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متری از سرریز و در بالادست آن قرائت شد.

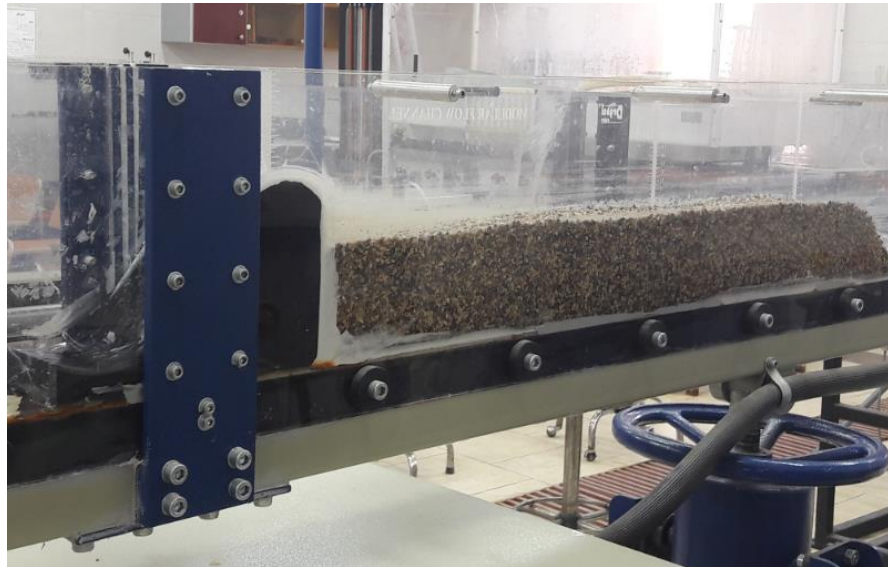
۳-۶-۳- اندازه‌گیری سرعت جریان

سرعت جریان آب همان‌گونه که در قسمت‌های قبل توضیح داده شد، با استفاده از سرعت‌سنج موجود در آزمایشگاه و در دبی‌های ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ لیتر بر دقیقه و در سه مقطع در فواصل ۳، ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متری در بالادست سرریز، طوری به‌دست آمد که در هر مقطع سرعت در چهار نقطه کف جریان نزدیک بستر، یک‌دوم عمق جریان از بستر، دوسوم عمق جریان از بستر و نقطه‌ای در نزدیکی‌های سطح جریان آب به‌دست آمده و ثبت گردید. لازم به یادآوری است که بستری که داده‌ها برداشت می‌شوند، متغیر بوده و با افزودن رسوبات بالاتر می‌آید.

۳-۶-۴- روش جمع‌آوری داده‌ها

داده‌برداری، یعنی جمع‌آوری اطلاعات مربوط به عمق و سرعت به روش شرح داده‌شده در بخش-های قبل، به این صورت بود که ابتدا درحالی‌که هیچ رسوبی در فلوم قرار نداشت، ترازهای آبی و سرعت‌ها به شیوه‌ی شرح داده‌شده در دبی‌های مختلف به‌دست آمدند. در گام بعدی رسوب با قطر متوسط ۱/۷ میلی‌متر به ضخامت یک‌سوم ارتفاع سرریز در پشت آن و تا فاصله‌ی ۹۰ سانتی‌متری در بالادست سرریز قرار داده شده و داده‌برداری انجام شد. در مرحله‌ی بعدی ضخامت رسوب به دوسوم ارتفاع سرریز رسانده شد و سپس آزمایش و داده‌برداری صورت پذیرفت. گام سوم و نهایی برای رسوب ۱/۷ میلی‌متری، پس از آن که ضخامت رسوب برابر شد با ارتفاع سرریز، داده‌برداری صورت پذیرفت. مراحل بعدی به همان شیوه‌ی قبلی عمل شد با این تفاوت که به‌جای رسوب با قطر متوسط ۱/۷ میلی‌متر، از رسوب با قطر متوسط ۳/۲ میلی‌متر استفاده شده و اطلاعات مورد نیاز یعنی عمق و سرعت، در حضور رسوب ۳/۲

میلی متر و با سه ضخامت یک سوم، دوسوم و سه سوم ارتفاع سرریز، جمع آوری شدند.

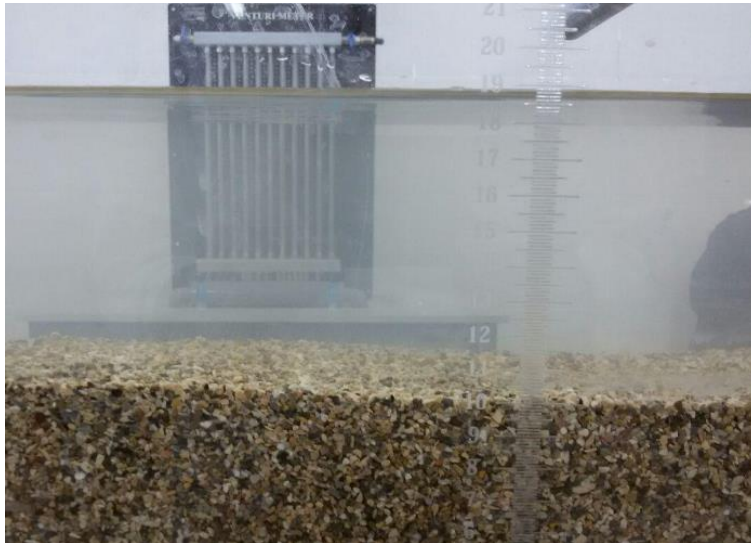


شکل ۳-۱۱- توزیع رسوبات درون فلوم



شکل ۳-۱۲- توزیع رسوبات درون فلوم

پس از آن که داده‌های مورد نیاز پژوهش در حضور سرریز با ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری قرائت شده و ثبت گردیدند، سرریز ۱۶ سانتی‌متری جایگزین سرریز ۱۰ سانتی‌متری گشته و مراحل مختلف آزمایش که در حضور سرریز ۱۰ سانتی‌متری انجام پذیرفت، درحالی که سرریز ۱۶ سانتی‌متر است نیز همان مراحل انجام شدند.



شکل ۳-۱۳- جریان آب همراه با رسوبات ته‌نشین شده

۳-۷- روابط حاکم بر جریان

برای تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده در آزمایش، دو روش مورد استفاده قرار گرفت.

۱. روابط سرریز اوجی

۲. آنالیز ابعادی

۳-۷-۱- روابط سرریز اوجی

در این پژوهش برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و بررسی میزان تأثیرگذاری رسوبات روی ضریب دبی،

ابتدا با استفاده از روابط (۱-۳)، (۲-۳) و (۳-۳) ضریب تخلیه جریان در سرریز به دست آمد.

همان‌گونه که در فصل یک اشاره شد، رابطه‌ی دبی سرریز اوجی به صورت زیر است:

$$Q = C_d L_e H_e^{1.5} \quad (1-3)$$

$$L_e = L - n K_e H_d \quad (2-3)$$

$$H_e = H_d + \frac{V_0^2}{2g} \quad (3-3)$$

L_e : طول مؤثر جریان آب (عرض کانال)

L : طول تاج (عرض کانال)

H_e : ارتفاع مؤثر

H_d : ارتفاع آب

K_e : ضریب افت فشردگی

n : تعداد فشردگی جانبی در طول سرریز

C_d : ضریب دبی

۳-۷-۲- آنالیز ابعادی

روابط حاکم بر بسیاری از پدیده‌های هیدرولیکی را نمی‌توان مستقیماً از قوانین حاکم بر حرکت سیالات و تئوری‌های موجود نظیر قوانین بقای جرم، انرژی و ممنتوم به دست آورد. در چنین مواردی سعی می‌شود تا برای استخراج روابط ریاضی حاکم بر چنین پدیده‌هایی، ابتدا کلیه متغیرهای لازم که در به وجود آوردن آن پدیده نقش دارند مشخص گردند. در واقع هدف از روش آنالیز ابعادی پیدا نمودن رابطه‌ای بین کمیت‌های فیزیکی در یک پدیده طبیعی است. با استفاده از آنالیز ابعادی می‌توان در بسیاری از حالت‌ها رابطه‌ای پیچیده را تجزیه و تحلیل نموده و بین متغیرهای مختلف آن پدیده روابط صحیحی را ایجاد نمود که رابطه به دست آمده معمولاً ساده‌تر و منطبق با شرایط فیزیکی است.

نکته مهم در مورد رابطه مورد نظر این است که رابطه مذکور باید معنی دار، دارای کاربرد ساده و قابل استفاده در هر سیستم آحاد باشد. تحلیل ابعادی بر این اصل استوار است که در یک رابطه صحیح فیزیکی، هرگاه کمیت‌های مختلفی که در طرفین رابطه وجود دارند برحسب پارامترهای اصلی دستگاه یک‌گانه‌ای نوشته شوند، در هر دو طرف تجانس و تشابه کامل برقرار باشد. پارامترهای اصلی دستگاه مختلف شامل طول، جرم و زمان می‌باشد و بدین ترتیب در طرفین یک رابطه صحیح فیزیکی، بایستی نمای پارامترها یکسان باشد.

۳-۷-۲-۱- تحلیل ابعادی پارامترهای مؤثر بر ضریب شدت جریان سرریزهای اوجی

مسائل مربوط به ضریب شدت جریان نیز از پدیده‌هایی هستند که از گذشته توسط آنالیز ابعادی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند. بی‌بعد سازی این گونه هست که ابتدا همه‌ی متغیرهایی که در ضریب دبی مؤثر هستند، انتخاب شده سپس به کمک تئوری باکینگهام می‌توان پارامترهای بی‌بعد مؤثر را که ترکیبی از متغیرهای اولیه می‌باشند، مشخص کرد.

شکل (۳-۱۶) برخی پارامترهای مؤثر در جریان گذرنده از روی سرریزهای اوجی را نشان می‌دهد

که سایر پارامترها عبارت‌اند از :

۱. عمق جریان در بالادست (H_w)
۲. ارتفاع رسوبات (H_s)
۳. ارتفاع سرریز اوجی (P)
۴. طول سرریز اوجی (L)
۵. قطر متوسط رسوبات (D_{50})
۶. سرعت جریان (V)
۷. شتاب ثقل (g)
۸. لزجت سینماتیک آب (η)

۹. جرم مخصوص آب (ρ)

۱۰. جرم مخصوص رسوب (ρ_s)

۱۱. ضریب تخلیه (C_d)

بر اساس روش باکینگهام برای بی بعد سازی ابتدا سه متغیر تکراری انتخاب می شود. این سه متغیر عبارتند از: H_w ، g و ρ . با توجه به روش باکینگهام در تحلیل ابعادی و تعداد پارامترها، بایستی

(N-3) یعنی ۸ پارامتر اصلی بی بعد جهت بررسی استخراج گردد:

جدول ۳-۱- ابعاد پارامترهای مورد استفاده

شماره پارامتر	پارامتر	بعد پارامتر	پارامتر تکرارشونده
۱	H_w	L	*
۲	H_s	L	
۳	P	L	
۴	L	L	
۵	D_{50}	L	
۶	V	LT^{-1}	
۷	g	LT^{-2}	*
۸	ϑ	L^2T^{-1}	
۹	ρ	ML^{-3}	*
۱۰	ρ_s	ML^{-3}	
۱۱	C_d	$L^{0.5}T^{-1}$	

بنابراین می توان نوشت:

$$C_d = f(H_w, H_s, P, L, D_{50}, V, g, \vartheta, \rho, \rho_s) \quad (۴-۳)$$

با توجه به پارامترها با ابعاد مشابه، پارامترهای بی بعد به شرح زیر است:

$$\pi_1 = \frac{V}{g^{1/2} H_w^{1/2}} = Fr \quad (۵-۳)$$

$$\pi_2 = \frac{g}{g^{1/2} H_w^{3/2}} \quad (6-3)$$

$$\pi_3 = \frac{D_{50}}{H_w} \quad (7-3)$$

$$\pi_4 = \frac{P}{H_w} \quad (8-3)$$

$$\pi_5 = \frac{H_s}{H_w} \quad (9-3)$$

$$\pi_6 = \frac{L}{H_w} \quad (10-3)$$

$$\pi_7 = \frac{\rho}{\rho_s} \quad (11-3)$$

$$\pi_8 = \frac{C_d}{g^{1/2}} \quad (12-3)$$

از آنجا که روابط بالا همگی بی بعد می باشند، می توان با ترکیب کردن آن ها با هم روابط بی بعد جدیدی ایجاد کرد. با ترکیب دو رابطه ی (۳-۵) و (۳-۶)، عدد رینولدز به دست می آید که به علت این که مقدار عدد رینولدز بزرگ تر از ۲۰۰۰ می باشد، از تأثیر رابطه ی رینولدز روی ضریب شدت جریان صرف نظر می گردد.

رابطه ی بی بعد (۳-۱۱) به علت این که نوع رسوب ثابت می باشد، یک عدد ثابت را ارائه می دهد که این رابطه در تجزیه و تحلیل داده ها کاربرد نداشته و کنار گذاشته می شود. رابطه ی (۳-۱۲) هم مانند رابطه ی قبلی یک عدد ثابت بوده و کاربردی ندارد. هم چنین رابطه (۳-۶) به علت این که مقدار بسیار کمی دارد، از تأثیر آن روی ضریب تخلیه چشم پوشی می شود.

با ترکیب دو پارامتر بی بعد (۳-۸) و (۳-۱۰)، عدد بی بعد زیر به دست می آید که به علت ثابت بودن مقادیرش در تجزیه و تحلیل های پژوهش به کار نمی آید.

$$\pi = \frac{P}{L} \quad (13-3)$$

هم‌چنین با ترکیب روابط (۷-۳) و (۹-۳) با هم رابطه زیر ایجاد می‌شود.

$$\pi = \frac{D_{50}}{H_s} \quad (14-3)$$

در نتیجه برای تجزیه و تحلیل تغییرات ضریب تخلیه، از پارامترهای موجود در رابطه (۱۵-۳)

استفاده می‌شود.

$$C_d = f \left(Fr, \frac{P}{H_w}, \frac{D_{50}}{H_s}, \frac{P}{L} \right) \quad (15-3)$$

هم‌چنین با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده و پارامترهای بی‌بعد به دست آمده و به کمک

نرم‌افزار SPSS، روابط رگرسیون خطی و غیرخطی برای محاسبه و پیش‌بینی ضریب تخلیه به دست آمد

که در فصل چهار ارائه می‌شوند.

فصل چہارم

نتایج و بحث

۴-۱- مقدمه

در این فصل از پایان نامه، با توجه به آزمایش‌های انجام شده، مشاهدات و نتایج، مورد بحث قرار گرفته است. در نهایت با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده و روابط حاکم، شکل‌ها و نمودارهایی حاصل شد که با تجزیه و تحلیل این اشکال نتایج نهایی به دست آمد و همچنین به وسیله پارامترهای بی‌بعد به دست آمده و داده‌های گردآوری شده، روابط رگرسیونی به دست آمده که به واسطه آن‌ها می‌توان ضریب تخلیه سرریز اوجی را پیش‌بینی کرده و به دست آورد.

۴-۲- تجزیه و تحلیل نتایج بدست آمده

در این بخش اندازه‌گیری‌ها در دو سرریز ۱۰ و ۱۶ سانتی‌متر، مورد بررسی قرار گرفته و مقایسه‌ای نیز بین دو سرریز انجام شده است.

۴-۲-۱- اندازه‌گیری‌ها در سرریز اوجی ۱۰ سانتی‌متر

داده‌برداری در بالادست سرریز ۱۰ سانتی‌متری در ۵۶ حالت انجام شد که این حالت‌های آزمایش در جدول (۴-۱) آورده شده‌اند.

جدول ۴-۱- حالت‌های مختلف آزمایش روی سرریز ۱۰ سانتی‌متری

D ₅₀ (mm)	H _s (cm)	Q(l/min)							
		10	20	30	40	50	60	70	80
—	0	10	20	30	40	50	60	70	80
1.7	3	10	20	30	40	50	60	70	80
	6	10	20	30	40	50	60	70	80
	9	10	20	30	40	50	60	70	80
3.2	3	10	20	30	40	50	60	70	80
	6	10	20	30	40	50	60	70	80
	9	10	20	30	40	50	60	70	80

جدول (۴-۱) به این موضوع اشاره دارد که به ازای دو نوع رسوب مختلف و در سه ارتفاع رسوب مجزا در حضور دبی‌های گوناگون، داده‌های مورد نیاز پژوهش که اطلاعات مربوط به عمق و سرعت

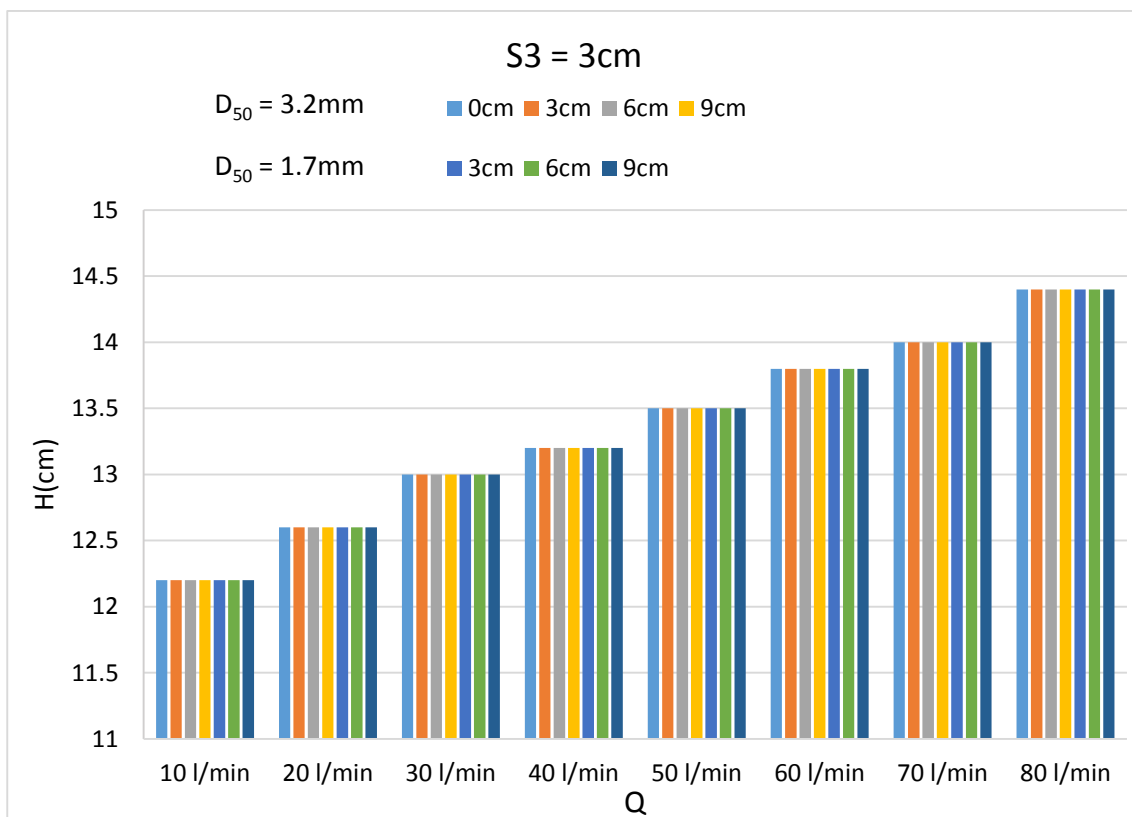
جریان در حضور دبی‌های مورد استفاده بودند، گردآوری شدند.

این بخش تحقیق خود شامل سه قسمت می‌باشد:

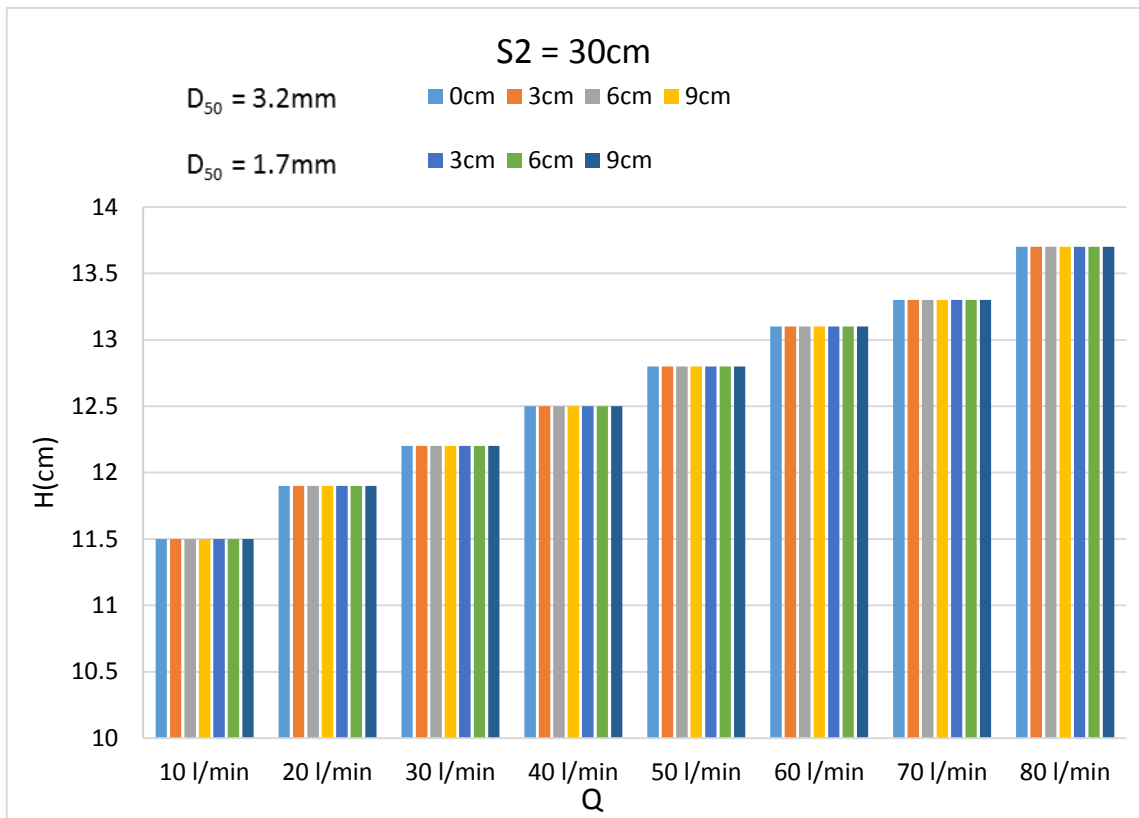
۱. بررسی تأثیر رسوب روی عمق جریان
۲. بررسی تأثیر رسوب بر روی سرعت جریان
۳. تجزیه و تحلیل اثر رسوب روی ضریب تخلیه بر اساس روابط حاکم بر جریان

۴-۲-۱-۱- بررسی تأثیر رسوب بر روی تراز سطح آب

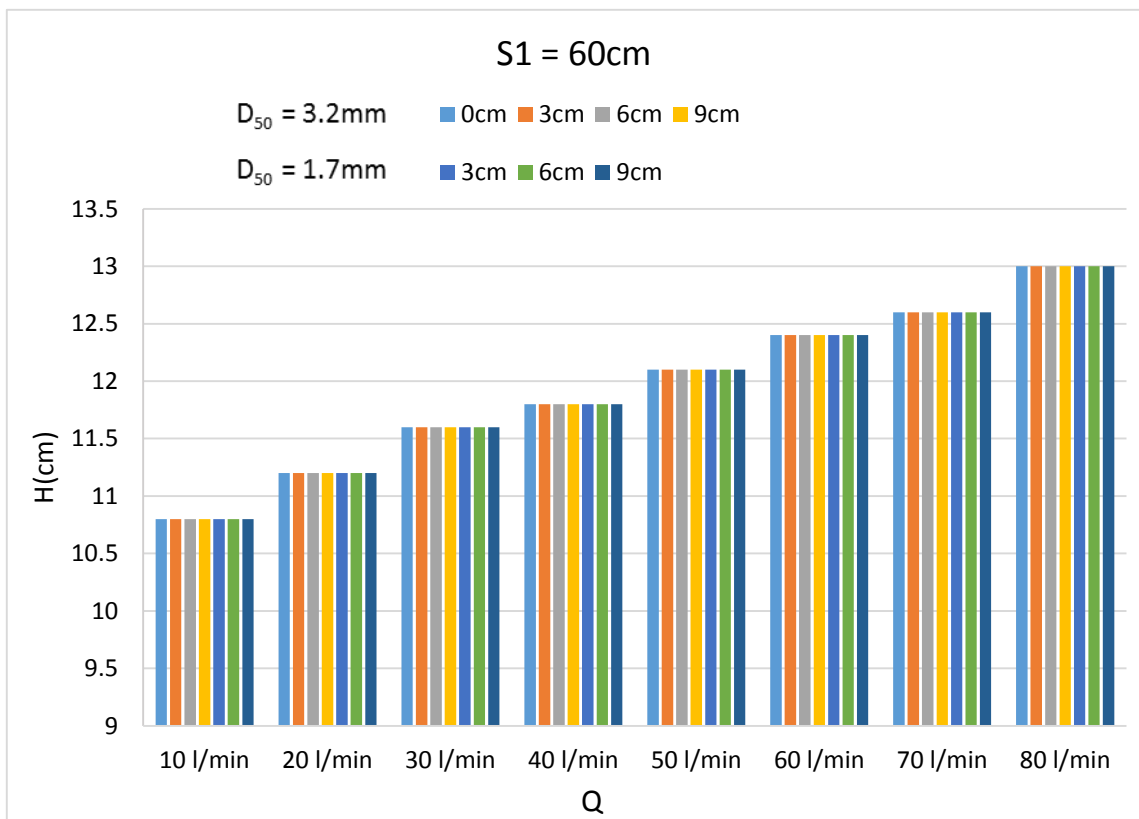
همان‌طور که در فصل سه توضیح داده شد، در همه دبی‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰ و ۸۰ لیتر بر دقیقه، تراز سطح آب در سه مقطع در بالادست سرریز و در فواصل ۳، ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متری از آن، اندازه گرفته شد که نتایج حاصل از داده‌برداری در شکل‌های زیر نشان داده شده است.



شکل ۴-۱- تغییرات تراز آب با اضافه شدن رسوب در فاصله ۳ سانتی‌متری



شکل ۴-۲- تغییرات تراز آب با اضافه شدن رسوب در فاصله ۳۰ سانتی متری



شکل ۴-۳- تغییرات تراز آب با اضافه شدن رسوب در فاصله ۶۰ سانتی متر

شکل‌های (۱-۴)، (۲-۴) و (۳-۴) بیانگر تأثیر رسوبات بر روی تراز سطح آب در بالادست سرریز اوجی می‌باشند. عدد صفر نمایش داده شده در بالای نمودار بیانگر نمونه شاهد می‌باشد که این یعنی ضخامت رسوب پشت سرریز (H_s) صفر بوده و رسوبی پشت سرریز وجود ندارد. بعد از صفر اعداد ۳، ۶ و ۹ سانتی‌متر دیده می‌شوند که گویای ضخامت‌های رسوب پشت سرریز (H_s) هستند که برای هر دو نوع رسوب با قطرهای متوسط $1/7$ و $3/2$ میلی‌متر، این ضخامت‌ها در آزمایش مورد استفاده قرار گرفته است.

شکل (۱-۴) بیانگر اثر رسوبات در فاصله ۳ سانتی‌متری از سرریز، روی تراز سطح آب در دبی‌های مختلف می‌باشد. همان‌طور که در شکل ملاحظه می‌شود، در دبی‌های یکسان تراز آب زمانی که ضخامت رسوب پشت سرریز صفر می‌باشد، نسبت به زمانی که رسوبات وارد سیستم می‌شوند، تفاوتی پیدا نمی‌کند. حتی با تغییر اندازه رسوبات نیز تغییری در تراز آب حاصل نشد و همه نمودارها تراز آبی یکسانی را نشان می‌دادند.

شکل (۲-۴) نیز نشان‌دهنده تأثیر رسوبات روی تراز سطح آب در فاصله ۳۰ سانتی‌متری از سرریز و در دبی‌های مختلف می‌باشد. در این حالت نیز همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، در دبی‌های ثابت، اضافه شدن رسوبات تغییری روی تراز آب ایجاد نکردند.

شکل (۳-۴) نیز مانند دو شکل دیگر گویای تأثیر افزودن رسوب به جریان آب پشت سرریز بوده با این تفاوت که این‌بار عمق‌سنجی در فاصله ۶۰ سانتی‌متری واقع در بالادست سرریز انجام شد. این شکل نیز به ما این نکته را یادآور می‌شود که با افزودن رسوب به آب، تراز آب در فاصله ۶۰ سانتی‌متری نیز هیچ تغییری نمی‌کند.

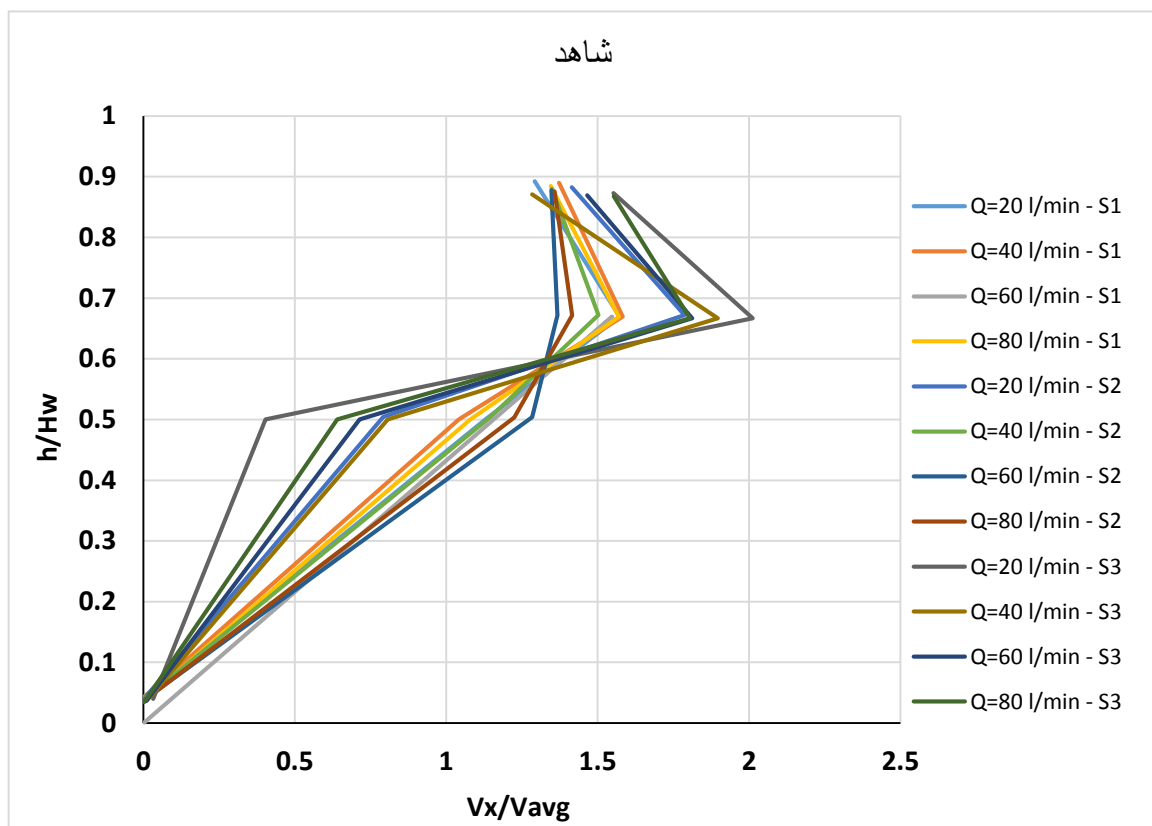
از شکل‌های بالا به این نتیجه می‌رسیم که در دبی‌های برابر، اضافه شدن رسوبات به جریان بالادست سرریز اوجی هیچ تأثیری روی تراز سطح آب ندارد و همچنین بزرگ شدن اندازه ذرات رسوب

نیز تغییر ارتفاع آبی را در هیچ مقطعی به ما نشان نمی‌دهد. در واقع عمق بحرانی که جریان آب با آن عمق از سرریز ریزش می‌کند، در حضور رسوبات و یا عدم حضور آنها تفاوتی نکرده و یکسان خواهد بود.

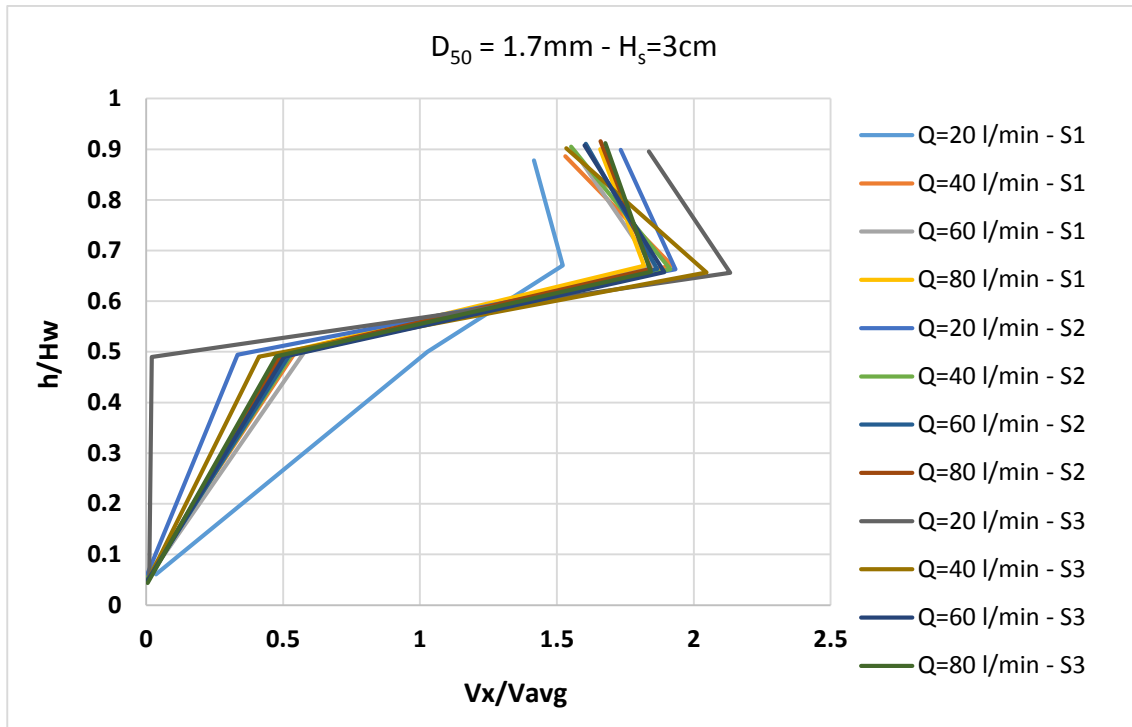
۴-۲-۱-۲-۴- بررسی تأثیر رسوب بر روی سرعت جریان

در این قسمت با استفاده از تجزیه و تحلیل داده‌های سرعت اندازه‌گیری شده، میزان تأثیر رسوبات ته‌نشین شده در بالادست سرریز اوجی روی سرعت جریان به‌دست آمده و در ادامه به بررسی اثر این تغییرات سرعت روی ضریب تخلیه‌ی سرریز پرداخته خواهد شد.

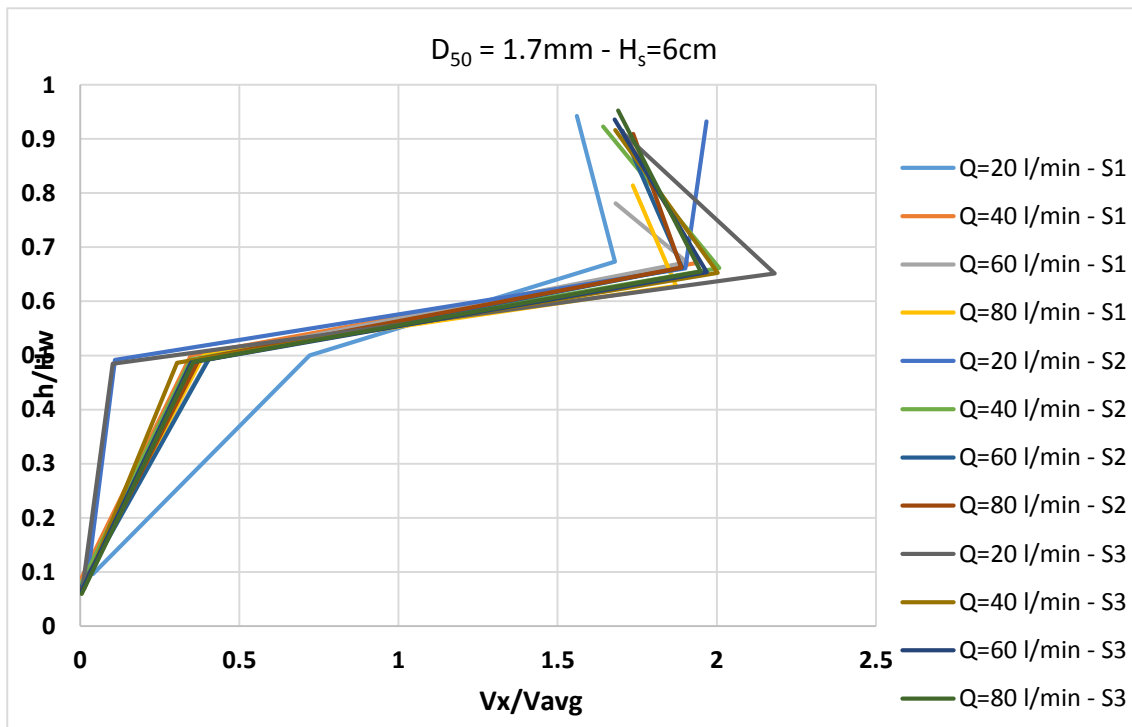
در ابتدای کار به روند تغییرات سرعت نسبت به عمق پرداخته می‌شود که شکل‌های زیر این روند تغییرات سرعت را در حالات مختلف آزمایش نشان می‌دهند.



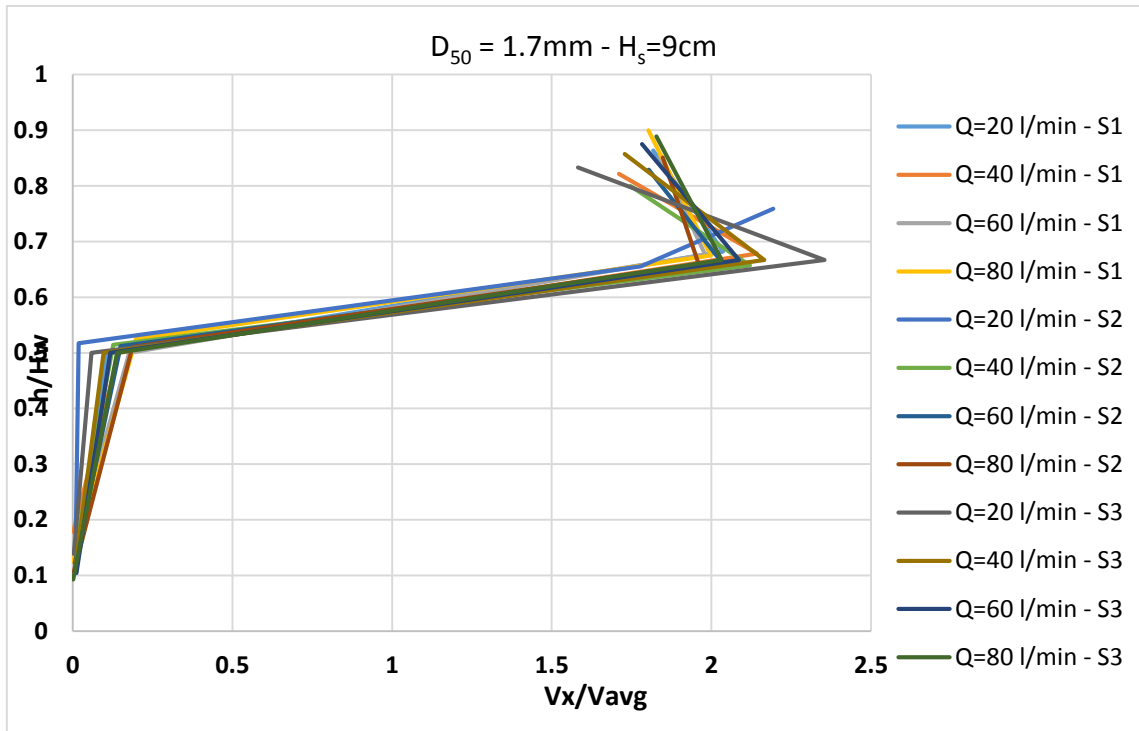
شکل ۴-۴- تغییرات سرعت در عمق جریان بدون رسوب



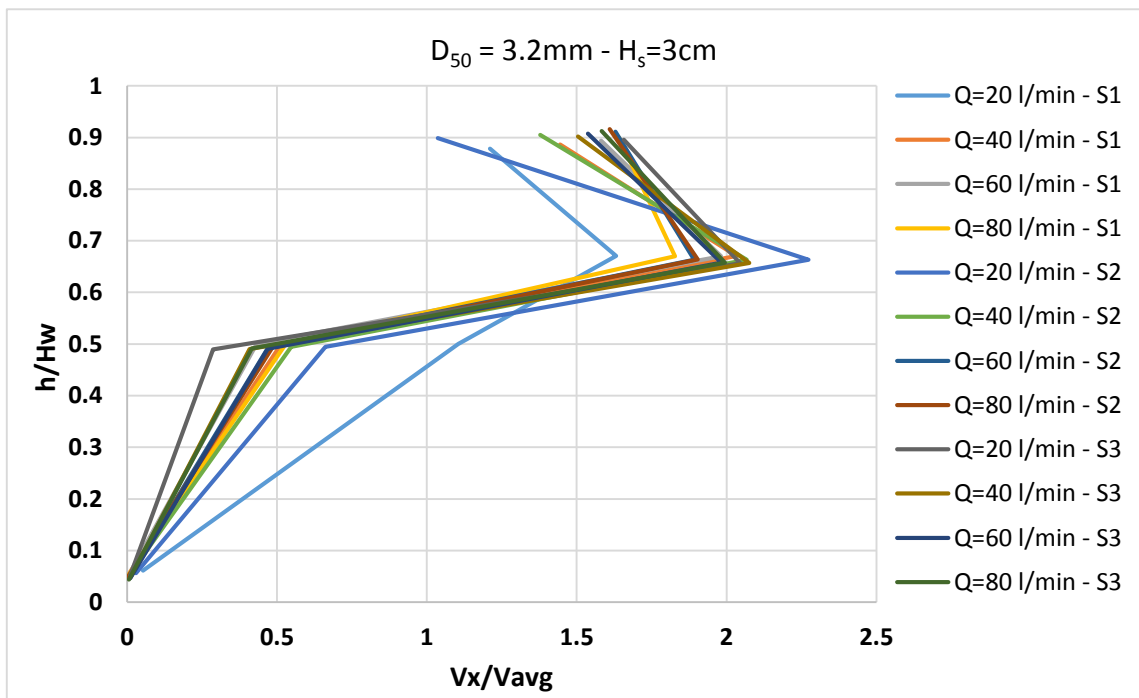
شکل ۴-۵- تغییرات سرعت در عمق جریان با $D_{50} = 1.7\text{mm} - H_s = 3\text{cm}$



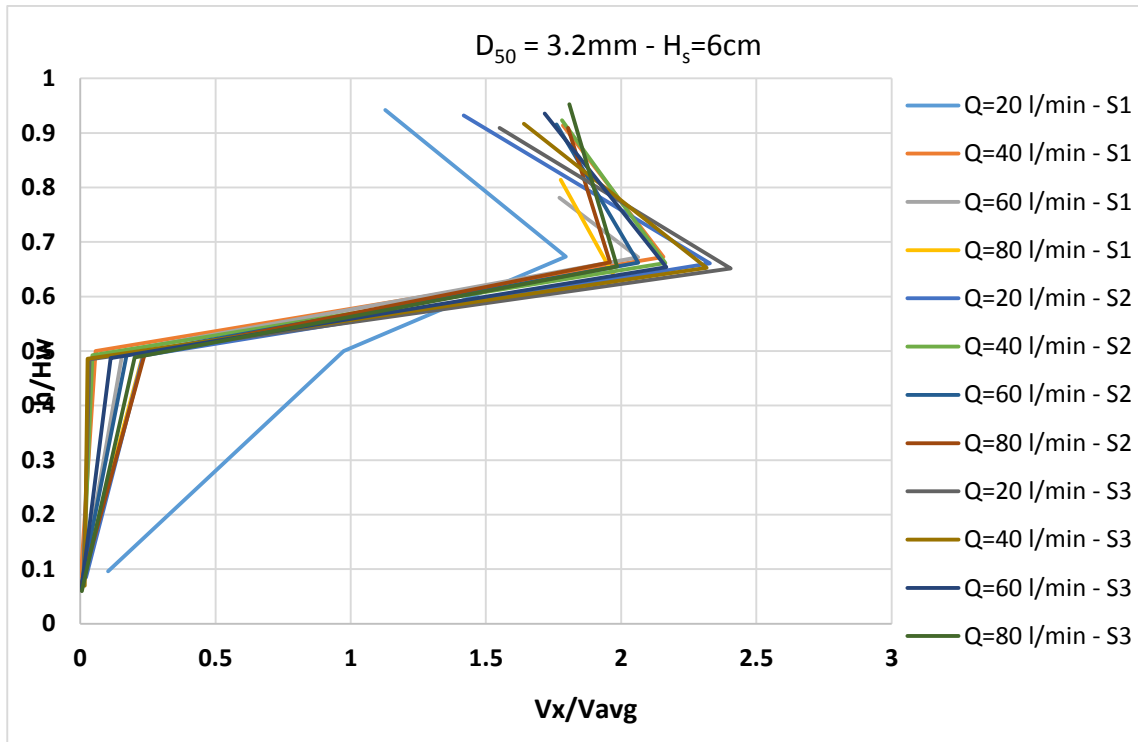
شکل ۴-۶- تغییرات سرعت در عمق جریان با $D_{50} = 1.7\text{mm} - H_s = 6\text{cm}$



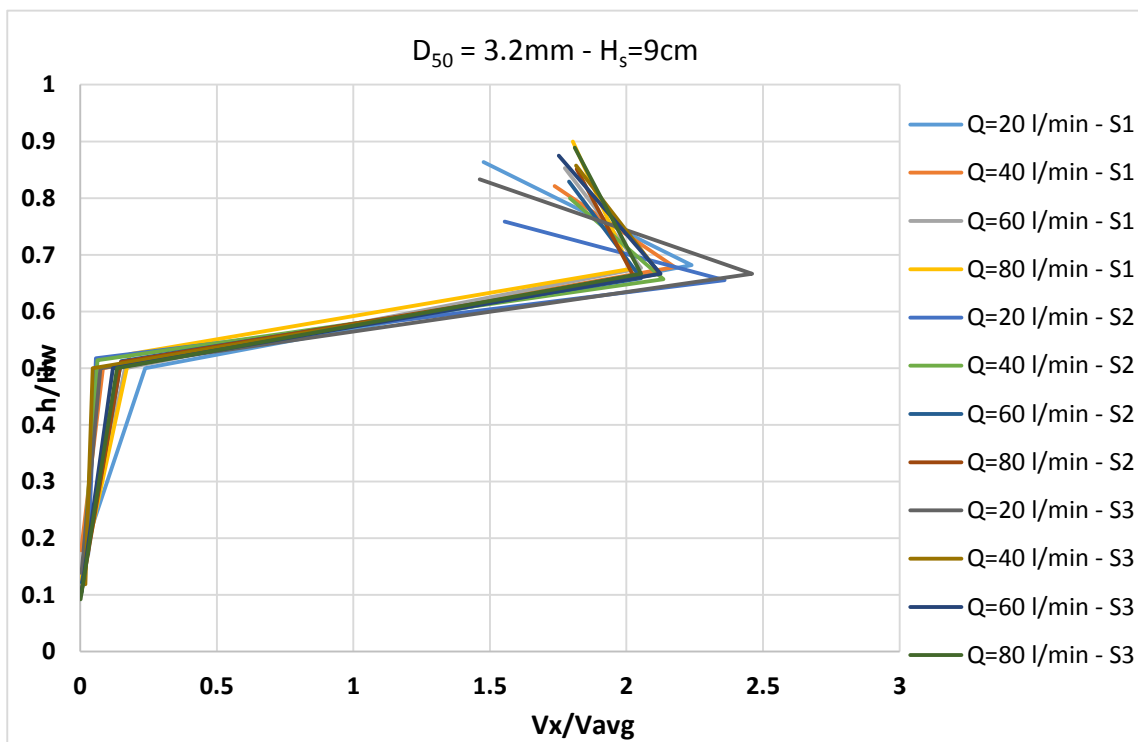
شکل ۴-۷- تغییرات سرعت در عمق جریان با $D_{50} = 1.7\text{mm} - H_s = 9\text{cm}$



شکل ۴-۸- تغییرات سرعت در عمق جریان با $D_{50} = 3.2\text{mm} - H_s = 3\text{cm}$



شکل ۹-۴- تغییرات سرعت در عمق جریان با $D_{50} = 3.2\text{mm} - H_s = 6\text{cm}$



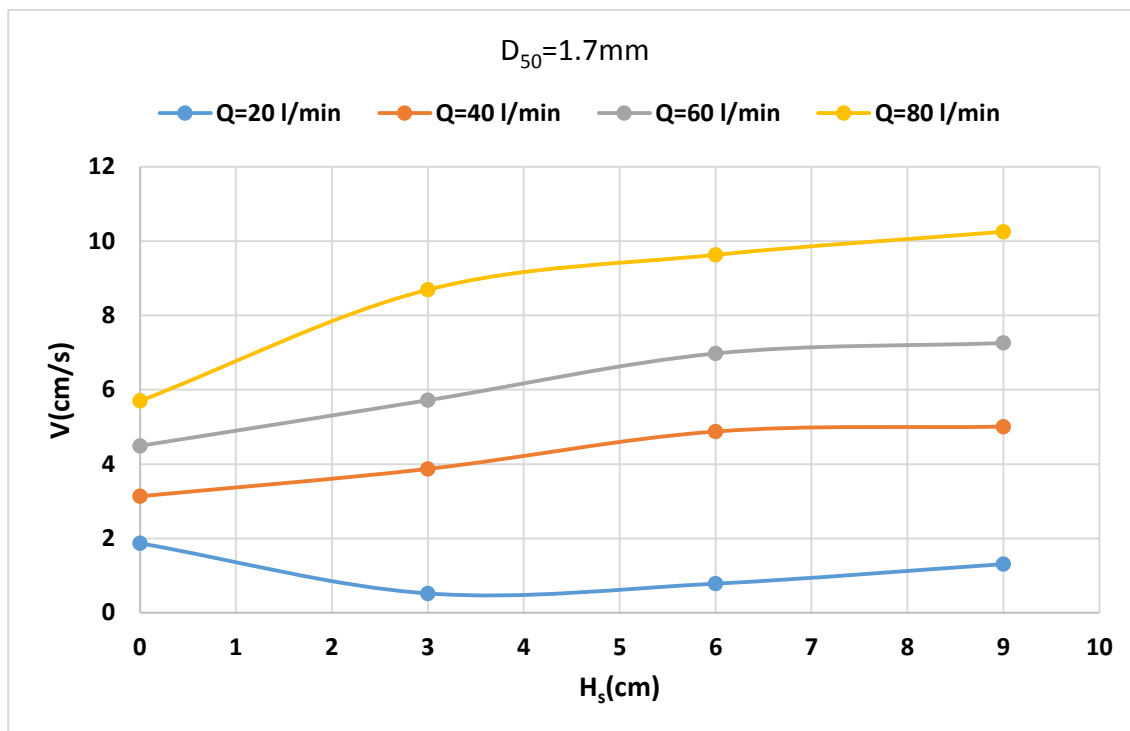
شکل ۱۰-۴- تغییرات سرعت در عمق جریان با $D_{50} = 3.2\text{mm} - H_s = 9\text{cm}$

لازم به یادآوری است که سرعت در دبی‌های ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ لیتر بر دقیقه در سه مقطع S1،

S2 و S3 که به ترتیب در فاصله‌های ۶۰، ۳۰ و ۳ سانتی‌متری بالادست سرریز قرار دارند، در چهار نقطه نزدیک بستر، یک‌دوم عمق جریان از بستر، دوسوم عمق جریان از بستر و نقطه‌ای در نزدیکی‌های سطح جریان آب، به‌دست آمده و ثبت گردید. در شکل‌های بالا پارامتر V_x گویای سرعت جریان آب در جهت جریان در نقطه‌های اندازه‌گیری و V_{avg} نشان‌دهنده میانگین سرعت در هر مقطع مورد نظر می‌باشد و همچنین پارامترهای H_w و h ، به ترتیب معادل هستند با فاصله سطح آب تا سطح مبنا و فاصله نقطه‌ای که سرعت در آن اندازه‌گیری شده تا سطح مبنا که این سطح مبنا متغیر بوده و با افزودن رسوب به بستر کانال تغییر کرده و بالا می‌آید. افزایش نسبت V_x/V_{avg} نشان‌گر افزایش سرعت جریان بوده و کاهش آن یعنی سرعت کم می‌شود و نیز هر چه نسبت h/H_w بیشتر باشد، یعنی نقطه مورد نظر به سطح آب نزدیک‌تر است.

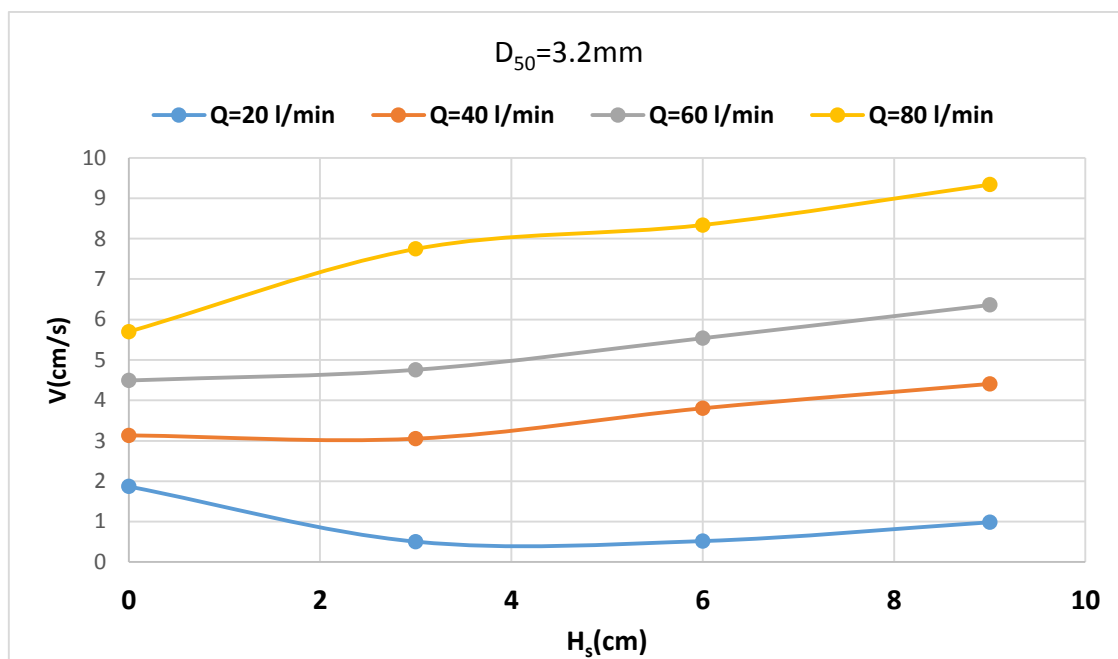
در تمامی شکل‌ها از شکل (۴-۴) تا شکل (۴-۱۰) همان‌گونه که مشاهده می‌شود، سرعت جریان آب تا یک عمق مشخصی روند افزایشی دارد و از آن عمق به بعد سرعت آب روند کاهشی به خود می‌گیرد که این نقطه مشخص، عمق دوسوم از بستر می‌باشد. علت اصلی این‌که سرعت ماکزیمم در این نقطه اتفاق می‌افتد، تأثیر تنش برشی هوا و بستر کانال و نیز اثری است که جریان‌های ثانویه روی جریان آب می‌گذارند.

در ادامه برای نشان دادن تأثیر رسوبات ته‌نشین شده پشت سرریز اوجی روی سرعت جریان، نمودارهای تغییرات سرعت (V_{avg-Q}) نسبت به ضخامت رسوبات ته‌نشین شده (H_s)، رسم شدند که در شکل‌های زیر ارائه شده‌اند. پارامتر V_{avg-Q} ، میانگین سرعت هر دبی می‌باشد که در سه مقطع ۳، ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متری و در چهار نقطه‌ای که به آن‌ها اشاره شد، اندازه‌گیری شد. نمودارها با استفاده از سرعت متوسط اندازه گرفته شده در چهار حالت بدون رسوب یا ضخامت صفر و ارتفاع‌های رسوب ۳، ۶ و ۹ سانتی‌متری رسم شدند.



شکل ۴-۱۱- تغییرات سرعت نسبت به ضخامت رسوبات با $D_{50} = 1.7 \text{ mm}$

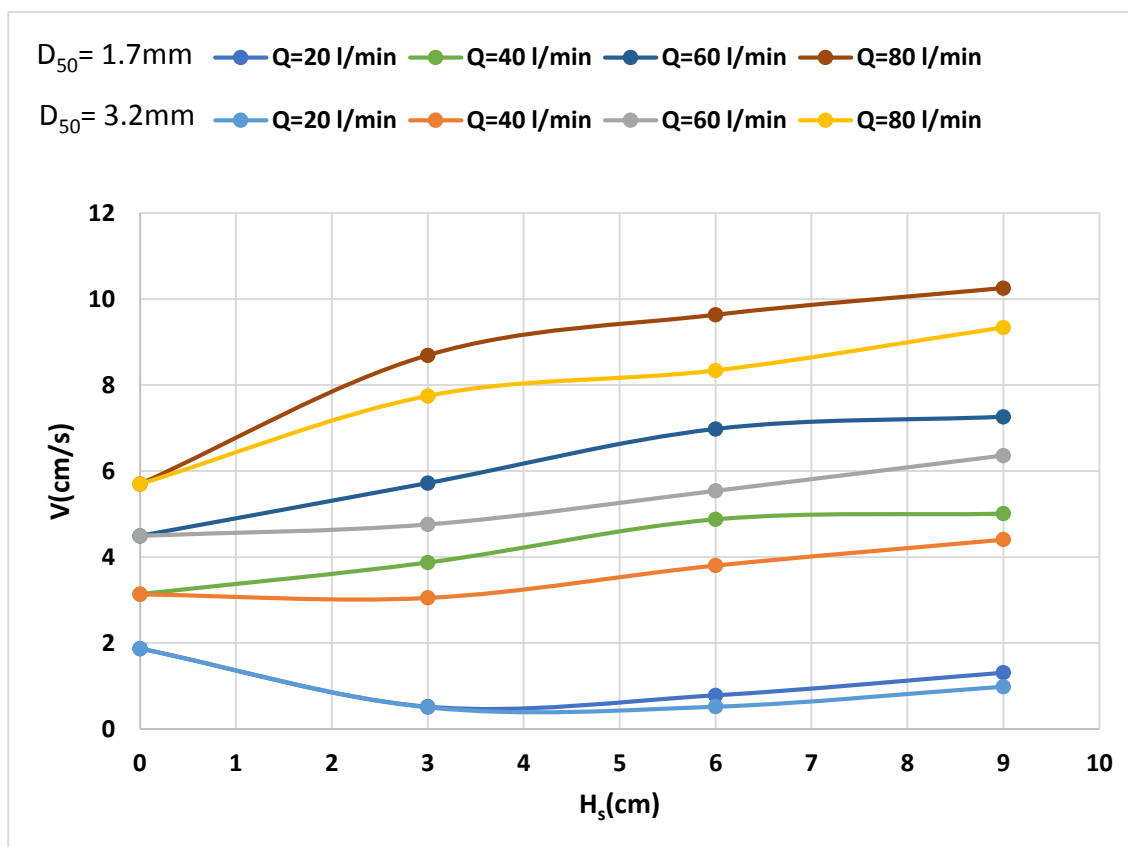
شکل (۴-۱۱) نشان می‌دهد که با افزودن رسوب با قطر متوسط $1/7$ میلی‌متر به فلوم، در اکثر دبی‌ها به جز دبی ۲۰ لیتر بر دقیقه سرعت جریان آب افزایش می‌یابد. اما در دبی ۲۰ لیتر بر دقیقه، سرعت با افزایش ضخامت رسوبات به ۳ سانتی‌متر به خاطر این که در این دبی مقاومت رسوبات در برابر جریان بر سرعت جریان غلبه کرده و در نتیجه سرعت نه‌تنها افزایش نداشت بلکه کاهش پیدا کرد. ولی با زیاد شدن ارتفاع رسوب، سرعت مجدداً روند افزایشی پیدا کرد اما با وجود این که حداکثر ارتفاع رسوب پشت سرریز ریخته شد، سرعت جریان آب در این حالت هم کمتر از زمانی است که رسوب در فلوم وجود ندارد.



شکل ۴-۱۲- تغییرات سرعت نسبت به ضخامت رسوبات با $D_{50} = 3.2\text{mm}$

شکل (۴-۱۲) که تأثیر افزایش ضخامت رسوبات با قطر متوسط $3/2$ میلیمتر روی سرعت جریان را بیان می‌کند، ای نتیجه را می‌رساند که در دبی‌های 60 و 80 لیتر بر دقیقه افزایش ارتفاع رسوبات منجر به افزایش سرعت جریان می‌شود اما در دبی‌های 20 و 40 لیتر بر دقیقه با افزایش ضخامت رسوبات، به این دلیل که زبری بستر روی سرعت جریان تأثیر زیادی دارد، سرعت جریان روند کاهشی می‌یابد که این کاهش سرعت در دبی 20 لیتر بر دقیقه محسوس‌تر می‌باشد. مجدداً با بیشتر شدن ارتفاع رسوب سرعت روند افزایشی پیدا می‌کند.

افزایش سرعت جریان آب در اثر افزایش ارتفاع رسوبات ته‌نشین شده به خاطر این است که با اضافه شدن رسوبات، سطح مقطع عبوری جریان آب کاهش می‌یابد و بر اساس قانون پیوستگی ($Q=AV$) با کاهش سطح مقطع در دبی ثابت، سرعت جریان افزایش می‌یابد.



شکل ۴-۱۳- تغییرات سرعت نسبت به ضخامت رسوبات با $D_{50} = 1.7\text{mm}$ و $D_{50} = 3.2\text{mm}$

شکل (۴-۱۳) مقایسه‌ی تغییرات سرعت نسبت به افزایش ضخامت رسوبات را بین دو نوع رسوب با قطرهای متوسط $1/7$ و $3/2$ میلی‌متر نشان می‌دهد و این نکته را گوشزد میکند که هر کدام چه اندازه تأثیر روی سرعت جریان دارند. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، در دبی‌های یکسان سرعت جریان آب وقتی رسوب با قطر $1/7$ میلی‌متر درون فلوم قرار دارد، بیشتر از سرعت آبی است که روی رسوبات با قطر متوسط $3/2$ میلی‌متر جریان دارد. می‌توان این نتیجه را گرفت که هر اندازه که قطر رسوبات بیشتر باشد، سرعت جریان آب عبوری از روی آن کمتر خواهد بود. در واقع و براساس مطالعات صورت گرفته می‌توان این‌گونه برداشت نمود که در سطح مبنای یکسان هرچه زبری بستر بیشتر باشد، سرعت آب کمتر است که مقاومت حاصل از این افزایش زبری در دبی‌های کم محسوس‌تر بوده و مانع از افزایش سرعت آب حاصل از کاهش سطح مقطع جریان در این دبی‌ها می‌شود.

۴-۲-۱-۳- تجزیه و تحلیل اثر رسوب روی ضریب تخلیه بر اساس روابط حاکم بر جریان

بر اساس آنچه که در فصل سه اشاره شد، از روابط حاکم بر جریان برای بررسی تأثیری که رسوبات روی ضریب تخلیه سرریز اوجی می‌گذارند، استفاده می‌گردد که برای این منظور از دو راه اقدام می‌شود:

۱. روابط سرریز اوجی

۲. آنالیز ابعادی

۴-۲-۱-۳-۱- روابط سرریز اوجی

برای بررسی تأثیر رسوب روی ضریب تخلیه ابتدا با استفاده از روابط (۱-۳)، (۲-۳) و (۳-۳)، ضریب تخلیه سرریز به دست می‌آید. در این پژوهش پارامتری که تأثیر رسوبات روی ضریب تخلیه را نشان می‌دهد، سرعت می‌باشد به این صورت که با استفاده از رابطه (۳-۳) که سرعت یکی از متغیرهای آن است، ارتفاع موثری که در رابطه (۱-۳) وجود دارد، به دست می‌آید و در نهایت به کمک رابطه (۱-۳)، ضرایب دبی برای حالات مختلف آزمایش محاسبه می‌شوند. خلاصه محاسبات در جدول (۲-۴) تنظیم شده و نمونه‌ای از مراحل محاسبات ضریب تخلیه در ادامه آمده است.

$$H_e = 0.019(m) + \frac{[0.018692(m/s)]^2}{2 \times 9.81 (m/s^2)} = 0.019018 m$$

$$L_e = 0.1(m) - [2 \times 0.1 \times 0.019(m)] = 0.0962 m$$

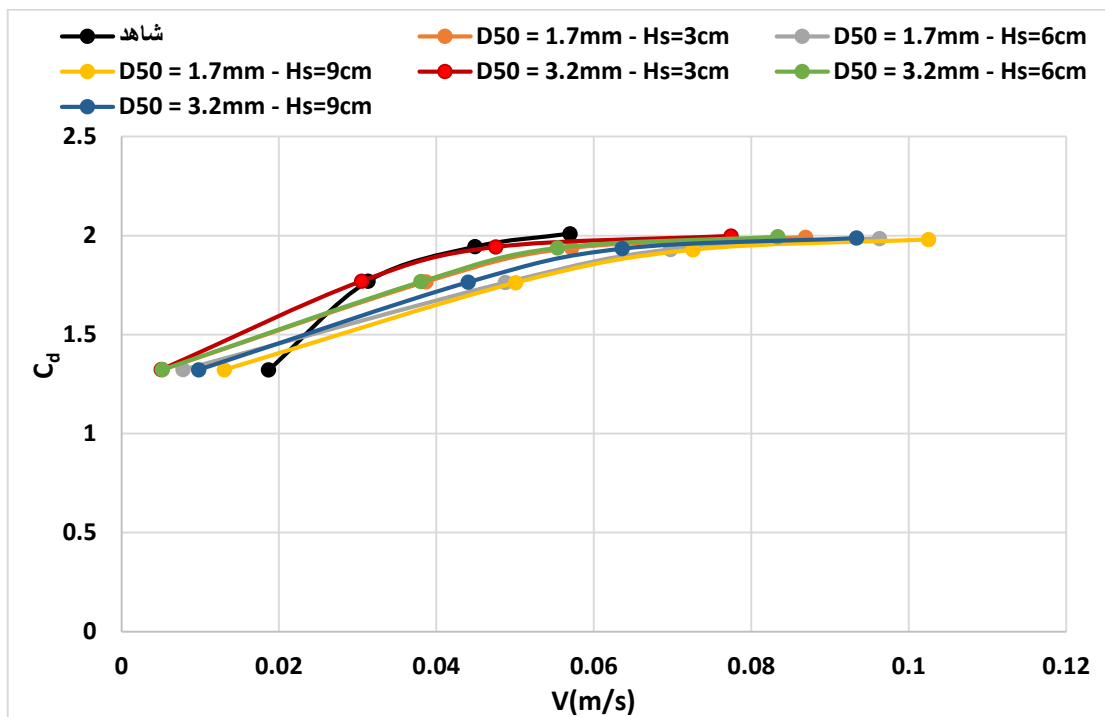
$$C_d = \frac{0.000333 (m^3/s)}{0.0962(m) \times (0.019018(m))^{1.5}} = 1.321183$$

جدول ۴-۲- محاسبه پارامترهای هیدرولیکی برای سرریز اوجی

D50(mm)	Hs(cm)	Q(l/min)	V0(m/s)	Hd(m)	He(m)	Le(m)	Cd
-	0	20	0.018692	0.019	0.019018	0.0962	1.321183
		40	0.031342	0.025	0.02505	0.095	1.769994
		60	0.044917	0.031	0.031103	0.0938	1.943557
		80	0.056983	0.037	0.037165	0.0926	2.009638
1.7	3	20	0.005192	0.019	0.019001	0.0962	1.322897
		40	0.0387	0.025	0.025076	0.095	1.767214
		60	0.057183	0.031	0.031167	0.0938	1.937589
		80	0.086917	0.037	0.037385	0.0926	1.991962
	6	20	0.007825	0.019	0.019003	0.0962	1.322715
		40	0.048767	0.025	0.025121	0.095	1.76248
		60	0.069767	0.031	0.031248	0.0938	1.930021
		80	0.096317	0.037	0.037473	0.0926	1.984966
	9	20	0.013075	0.019	0.019009	0.0962	1.322131
		40	0.050083	0.025	0.025128	0.095	1.761782
		60	0.072592	0.031	0.031269	0.0938	1.928124
		80	0.102525	0.037	0.037536	0.0926	1.979977
3.2	3	20	0.00505	0.019	0.019001	0.0962	1.322905
		40	0.030517	0.025	0.025047	0.095	1.77027
		60	0.047567	0.031	0.031115	0.0938	1.942387
		80	0.077458	0.037	0.037306	0.0926	1.998312
	6	20	0.005192	0.019	0.019001	0.0962	1.322897
		40	0.038042	0.025	0.025074	0.095	1.767486
		60	0.055383	0.031	0.031156	0.0938	1.938553
		80	0.083383	0.037	0.037354	0.0926	1.994415
	9	20	0.009833	0.019	0.019005	0.0962	1.322526
		40	0.044067	0.025	0.025099	0.095	1.764823
		60	0.0636	0.031	0.031206	0.0938	1.933911
		80	0.093367	0.037	0.037444	0.0926	1.987234

جدول ۴-۳- ضرایب تخلیه در دبی‌ها مختلف و در اندازه‌ها و ارتفاع‌های مختلف رسوب

	Q=20 l/min	Q=40 l/min	Q=60 l/min	Q=80 l/min
D50=1.7mm-Hs=3cm	1.3228974	1.7672136	1.937589169	1.9919616
D50=1.7mm-Hs=6cm	1.322715	1.7624802	1.930021261	1.9849658
D50=1.7mm-Hs=9cm	1.3221313	1.7617823	1.928123784	1.979977
D50=3.2mm-Hs=3cm	1.3229051	1.7702698	1.942386916	1.9983116
D50=3.2mm-Hs=6cm	1.3228974	1.7674858	1.938552612	1.9944153
D50=3.2mm-Hs=9cm	1.3225263	1.7648231	1.933911331	1.9872341

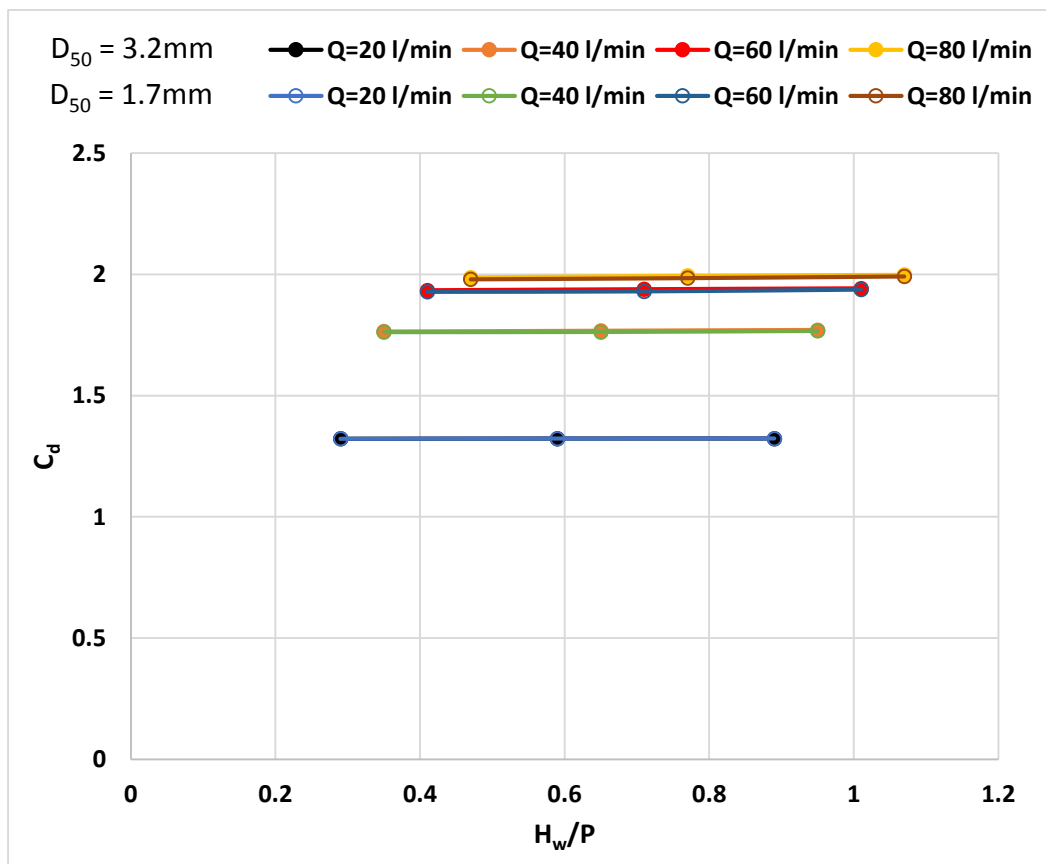


شکل ۴-۱۴- تغییرات ضریب دبی نسبت به سرعت جریان در حالات مختلف

شکل (۴-۱۴) روند تغییرات ضریب دبی را نسبت به سرعت جریان نشان می‌دهد که سرعت‌های استفاده شده برای رسم نمودارها، سرعت‌های میانگین در هر دبی می‌باشد. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، با افزایش سرعت جریان، ضریب تخلیه نیز افزایش می‌یابد اما همان‌گونه که در شکل (۴-۱۴) مشاهده می‌شود، در آزمایش‌هایی که با رسوبات انجام شد، روند افزایشی ضریب دبی با افزایش سرعت جریان ادامه نداشته و از دبی ۶۰ لیتر بر دقیقه به بعد ضریب دبی به سمت ثابت شدن میل می‌کند. نمونه شاهد نیز تا حدودی همین روند را طی می‌کند. بنابر این می‌توان نتیجه گرفت که ضریب تخلیه با افزایش دبی زیاد می‌شود اما در دبی‌های بالا ضریب تخلیه تغییر محسوسی نکرده و به سمت یک مقدار ثابتی هم‌گرا می‌شود که این میل هم‌گرایی ضریب تخلیه به یک مقدار ثابت، در همه حالت‌های آزمایش وجود دارد چه با وجود رسوبات با ارتفاع‌ها و اندازه‌های مختلف آزمایش انجام شود و چه بدون رسوبات آزمایش صورت گیرد، این هم‌گرایی به یک مقدار ثابت وجود دارد. در آزمایش روی سرریز اوجی ۱۰ سانتی‌متر، ضرایب تخلیه تقریباً به ۲ هم‌گرا می‌شوند.

۲-۴-۱-۲-۳-۲- آنالیز ابعادی

بر اساس توضیحات ارائه شده در فصل سه، با استفاده از روش باکینگهام و با بی‌بعد سازی پارامترهای مؤثر بر جریان گذرنده از سرریز اوجی، روابط بی‌بعدی به دست آمد. با کمک ضرایب شدت جریانی که در بخش قبل محاسبه شدند، تغییرات ضریب شدت جریان عبوری از روی سرریز اوجی نسبت به روابط بی‌بعد حاصل از آنالیز ابعادی پارامترهای مؤثر بر جریان عبوری از سرریز اوجی، در شکل‌هایی رسم شدند که مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.



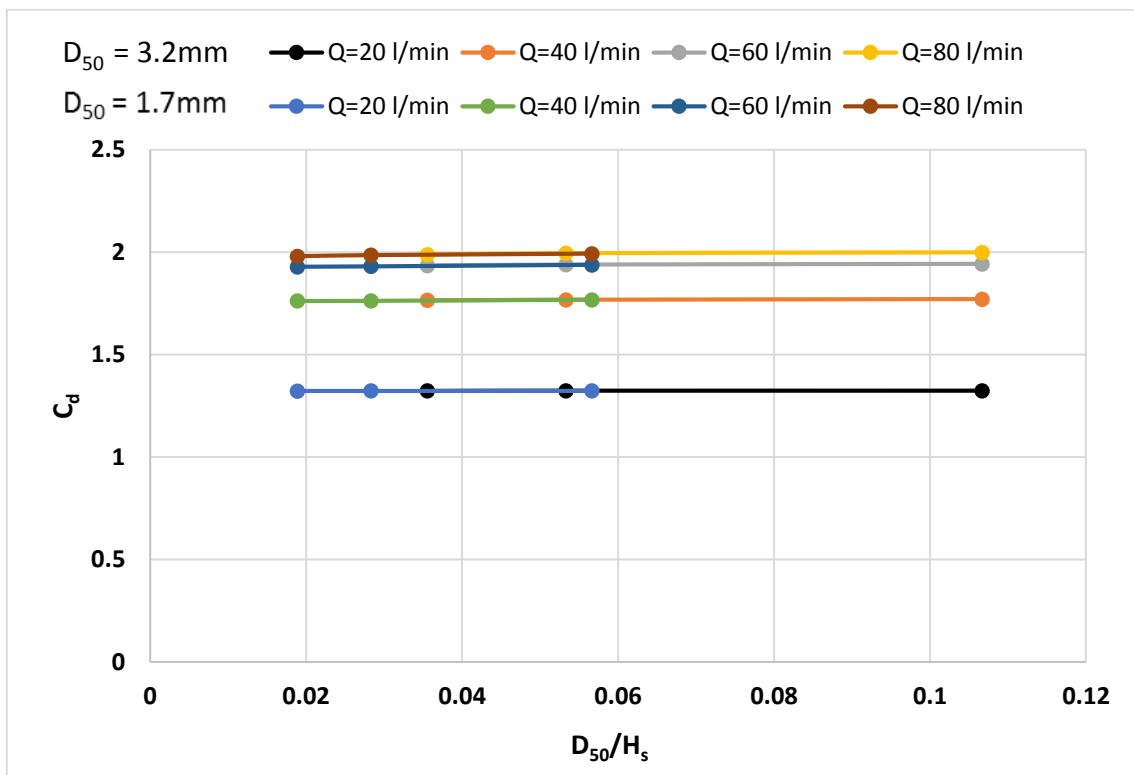
شکل ۴-۱۵- تغییرات C_d در برابر H_w/P

همان‌طور که در شکل (۴-۱۵) مشاهده می‌شود، تنها پارامتری که نشان‌دهنده افزایش ضریب دبی است، دبی جریان بوده که با افزایش دبی تخلیه افزایش پیدا می‌کند اما در همه دبی‌ها و در هر دو نوع رسوب $1/7$ و $3/2$ میلی‌متری با افزایش نسبت H_w/P ، ضریب تخلیه جریان هیچ تغییری نمی‌کند یا تغییرات به اندازه ای کم است که مشاهده نمی‌شود. جدول (۴-۴) نشان‌دهنده تغییرات

ضریب تخلیه نسبت به H_w/P بوده که تغییرات ضریب تخلیه را به صورت کمی نشان می‌دهد و گویای این است که با افزایش H_w/P ، ضریب تخلیه افزایش می‌یابد که این افزایش ضریب تخلیه بسیار ناچیز است.

جدول ۴-۴ - درصد تغییرات ضریب تخلیه نسبت به افزایش H_w/P

D50(mm)	Q(l/min)	% H _w /P	% C _d
1.7	20	+ 50.65	+ 0.05
	40	+ 46.96	+ 0.30
	60	+ 43.78	+ 0.48
	80	+ 41.02	+ 0.60
3.2	20	+ 50.65	+ 0.02
	40	+ 46.96	+ 0.30
	60	+ 43.78	+ 0.43
	80	+ 41.02	+ 0.55



شکل ۴-۱۶ - تغییرات C_d در برابر D_{50}/H_s

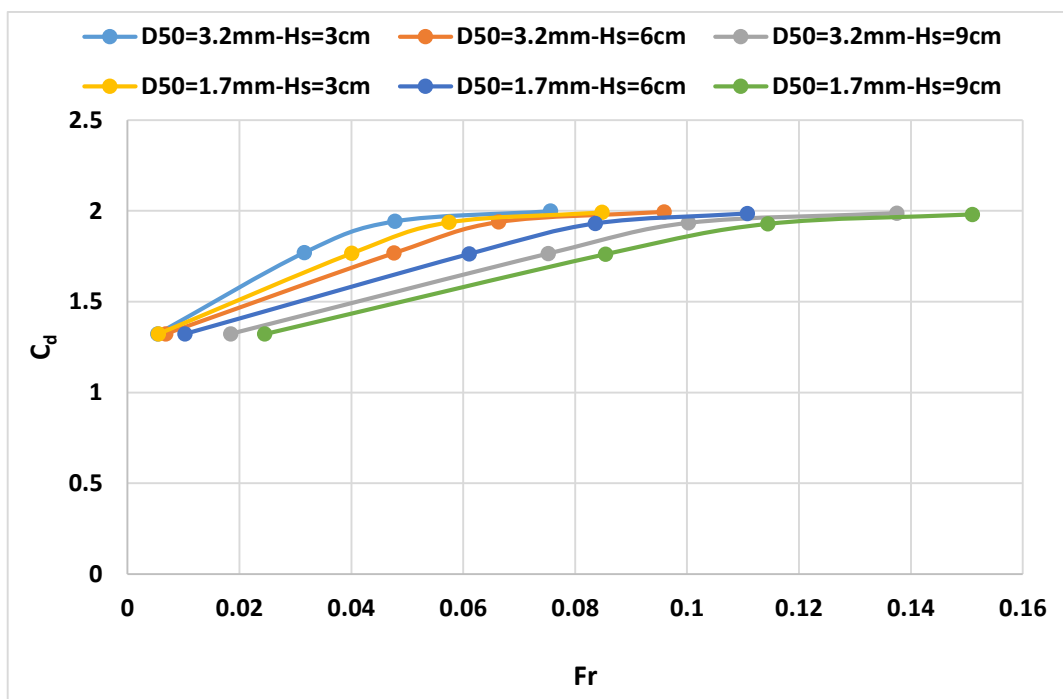
شکل (۴-۱۶) که تأثیر تغییرات اندازه رسوب نسبت به ضخامت رسوب را روی ضریب تخلیه سرریز نشان می‌دهد، ابتدا این نکته را نشان می‌دهد که در همه دبی‌ها با افزایش نسبت D_{50}/H_s ، تغییری در ضرایب تخلیه مشاهده نشد و فقط افزایش دبی جریان می‌باشد که منجر به افزایش ضریب تخلیه می‌شود و حتی تغییرات اندازه رسوبات و ارتفاع رسوبات ته‌نشین شده هم تأثیر معنی‌داری روی ضریب تخلیه ندارند. برای نشان دادن تغییرات ضریب تخلیه نسبت به تغییرات اندازه رسوبات و ارتفاع رسوبات به صورت کمی، جداول (۴-۵) و (۴-۶) تهیه شدند، که نشان می‌دهند که با افزایش اندازه قطر رسوبات ضریب تخلیه زیاد می‌گردد و با افزایش ارتفاع رسوبات ته‌نشین شده، ضریب تخلیه روندی کاهشی دارد هر چند که این افزایش و کاهش بسیار ناچیز است.

جدول ۴-۵- درصد تغییرات ضریب تخلیه نسبت به تغییرات اندازه رسوب

Q(l/min)	% D50	% Cd
20	+ 46.87	+ 0.01
40	+ 46.87	+ 0.20
60	+ 46.87	+ 0.32
80	+ 46.87	+ 0.38

جدول ۴-۶- درصد تغییرات ضریب تخلیه نسبت به تغییرات ارتفاع رسوب

D50(mm)	Q(l/min)	% Hs	% Cd
1.7	20	+ 50	- 0.03
	40	+ 50	- 0.20
	60	+ 50	- 0.32
	80	+ 50	- 0.40
3.2	20	+ 50	- 0.01
	40	+ 50	- 0.20
	60	+ 50	- 0.29
	80	+ 50	- 0.37



شکل ۴-۱۷- تغییرات C_d در برابر Fr

شکل (۴-۱۷) بیان‌گر تأثیراتی است که شرایط جریان آب، روی ضریب تخلیه می‌گذارد و گویای این نکته می‌باشد که هرچه شرایط جریان به سمت بحرانی و فوق بحرانی شدن پیش می‌رود، ضریب دبی نیز افزایش می‌یابد اما این افزایش ضریب تخلیه ادامه نداشته و یک مقدار ثابتی پیدا می‌کند که در واقع می‌توان نتیجه گرفت که هرچه جریان بحرانی‌تر شود، ضریب تخلیه به یک مقدار ثابتی همگرا می‌شود که این نکته در تمام حالت‌های آزمایش صادق است. برای لمس بهتر تغییرات ضریب تخلیه نسبت به شرایط جریان، جدول (۴-۷) ارائه شده است.

جدول ۴-۷- درصد تغییرات ضریب تخلیه نسبت به تغییرات Fr

حالت آزمایش	% Fr	% Cd
شاهد	+ 41.73	+ 19.29
D50=1.7mm-Hs=3cm	+ 64.19	+ 18.87
D50=1.7mm-Hs=6cm	+ 59.66	+ 18.73
D50=1.7mm-Hs=9cm	+ 54.42	+ 18.64
D50=3.2mm-Hs=3cm	+ 65.54	+ 19.00
D50=3.2mm-Hs=6cm	+ 62.94	+ 18.93
D50=3.2mm-Hs=9cm	+ 56.84	+ 18.79

۲-۲-۴- اندازه‌گیری‌ها در سرریز اوجی ۱۶ سانتی‌متر

در زمان آزمایش روی سرریز ۱۶ سانتی‌متری هم مانند سرریز ۱۰ سانتی‌متری ۵۶ حالت آزمایش وجود داشت که چگونگی وقوع هرکدام از این حالت‌ها نیز در جدول (۸-۴) نشان داده شده‌اند.

جدول ۸-۴- حالت‌های مختلف آزمایش روی سرریز ۱۶ سانتی‌متری

D ₅₀ (mm)	Hs(cm)	Q(l/min)							
		10	20	30	40	50	60	70	80
—	0	10	20	30	40	50	60	70	80
1.7	3	10	20	30	40	50	60	70	80
	6	10	20	30	40	50	60	70	80
	9	10	20	30	40	50	60	70	80
3.2	3	10	20	30	40	50	60	70	80
	6	10	20	30	40	50	60	70	80
	9	10	20	30	40	50	60	70	80

جدول (۸-۴) هم مانند جدول (۱-۴) به این موضوع اشاره دارد که به ازای دو نوع رسوب مختلف و در سه ارتفاع رسوب مجزا در حضور دبی‌های گوناگون، داده‌های مورد نیاز پژوهش که اطلاعات مربوط به عمق و سرعت جریان در حضور دبی‌های مورد استفاده بودند، گردآوری شدند.

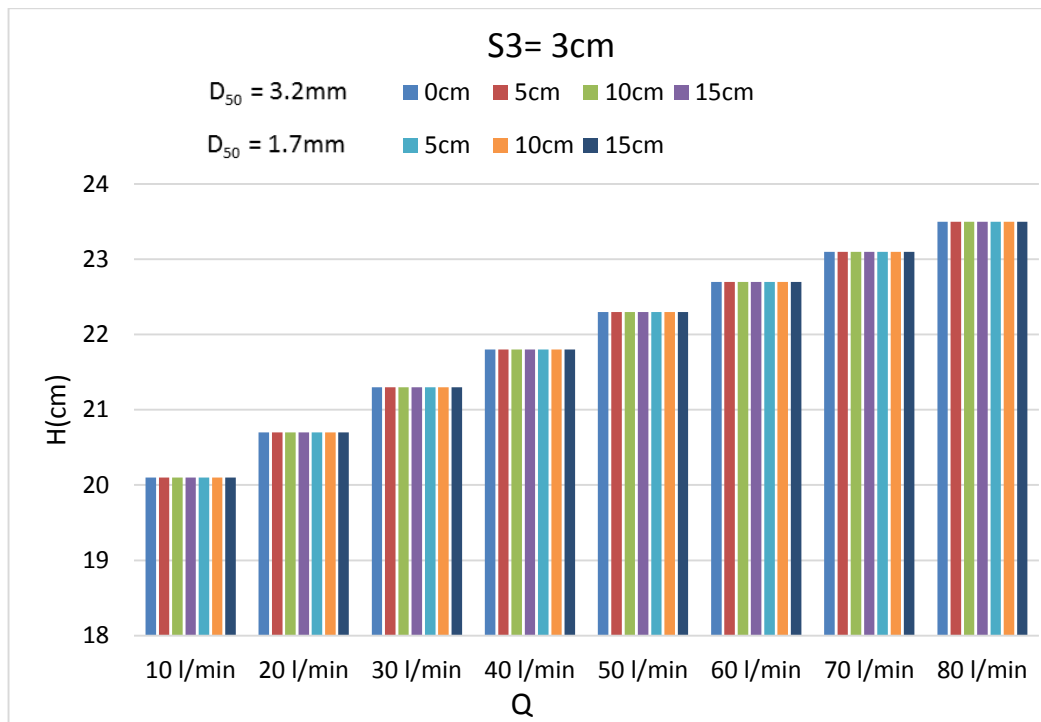
این بخش کار خود شامل سه قسمت می‌باشد:

۱. بررسی تأثیر رسوب روی عمق جریان
۲. بررسی تأثیر رسوب بر روی سرعت جریان
۳. تجزیه و تحلیل اثر رسوب روی ضریب تخلیه بر اساس روابط حاکم بر جریان

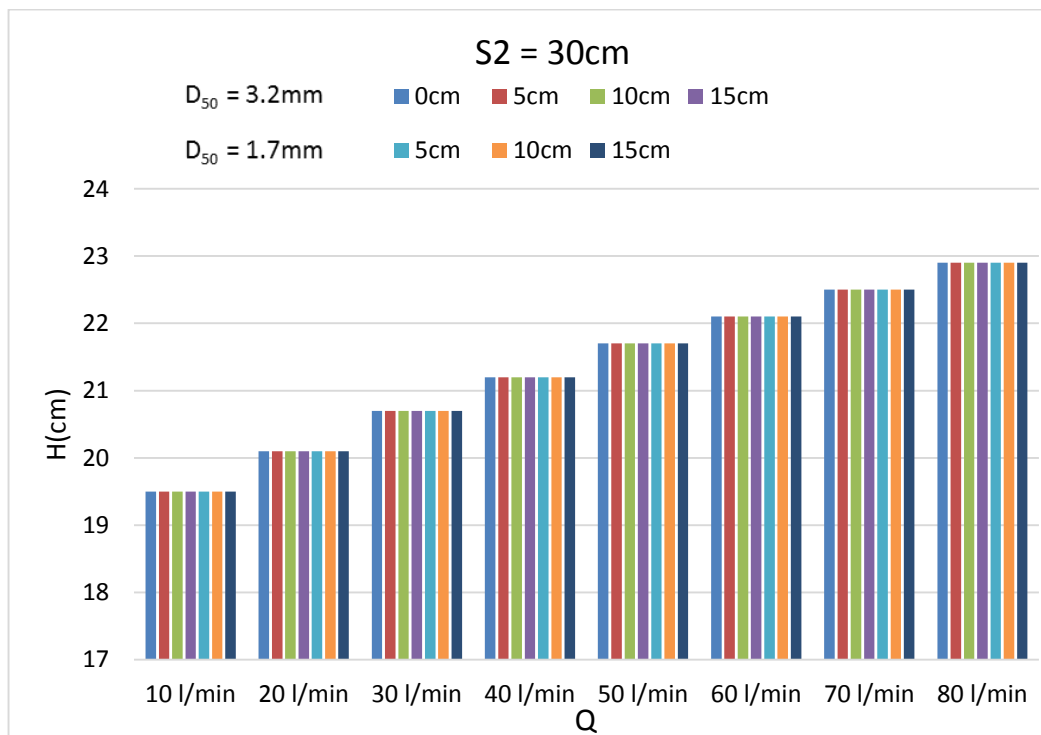
۲-۲-۴-۱- بررسی تأثیر رسوب بر روی تراز سطح آب

بر اساس توضیحات فصل سه و مشابه آنچه که برای سرریز ۱۰ سانتی‌متری انجام گرفت، در همه دبی‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰ و ۸۰ لیتر بر دقیقه، تراز آب در سه مقطع در بالادست سرریز

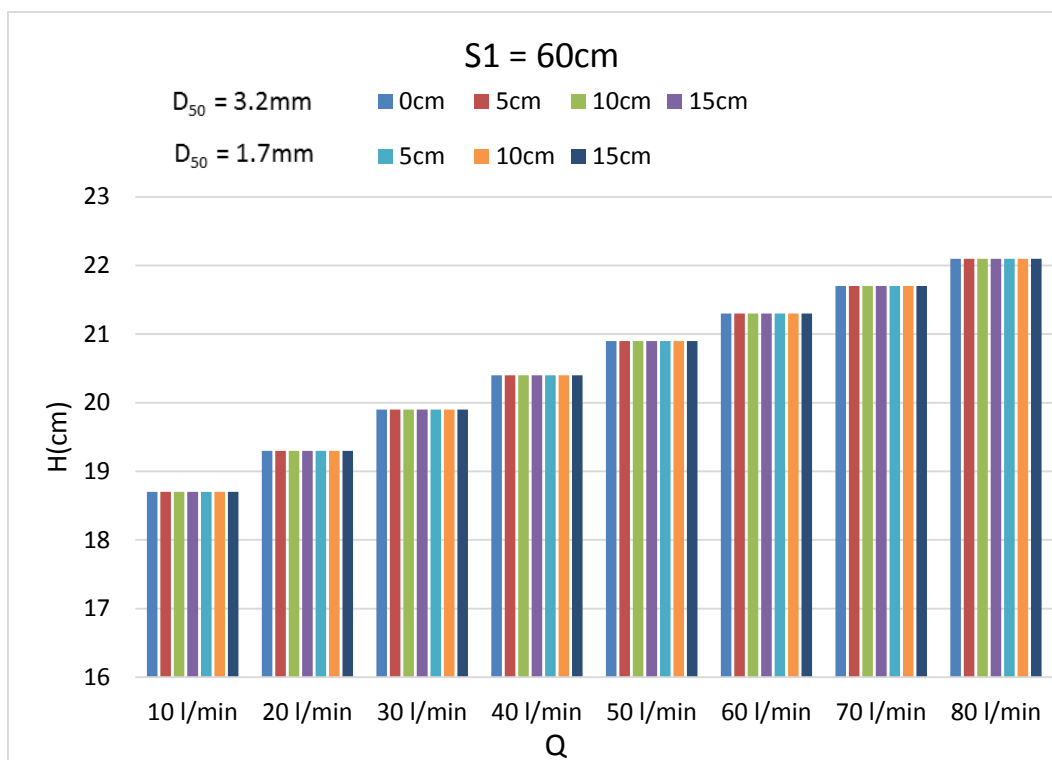
و در فواصل ۳، ۳۰ و ۶۰ سانتی متری از آن، اندازه گرفته شد که نتایج حاصل از داده برداری در شکل- های (۴-۱۸)، (۴-۱۹) و (۴-۲۰) نشان داده شده است.



شکل ۴-۱۸- تغییرات تراز آب با اضافه شدن رسوب در فاصله ۳ سانتی متری



شکل ۴-۱۹- تغییرات تراز آب با اضافه شدن رسوب در فاصله ۳۰ سانتی متری



شکل ۴-۲۰- تغییرات تراز آب با اضافه شدن رسوب در فاصله ۶۰ سانتی متری

شکل‌های بالا بیانگر تأثیر رسوبات بر روی تراز سطح آب در بالادست سرریز اوجی می‌باشند. عدد صفر نمایش داده شده در بالای نمودار بیانگر نمونه‌ی شاهد می‌باشد که این یعنی ضخامت رسوب پشت سرریز صفر بوده و رسوبی پشت سرریز وجود ندارد. بعد از صفر اعداد ۵، ۱۰ و ۱۵ سانتی‌متر دیده می‌شوند که گویای ضخامت‌های رسوب پشت سرریز (Hs) هستند که برای هر دو نوع رسوب با قطرهای متوسط ۱/۷ و ۳/۲ میلی‌متر، این ضخامت‌ها در آزمایش مورد استفاده قرار گرفته است.

شکل (۴-۱۸) بیانگر اثر رسوبات در فاصله ۳ سانتی‌متری از سرریز، روی تراز سطح آب در دبی‌های مختلف می‌باشد. همان‌طور که در شکل ملاحظه می‌شود، در دبی‌های یکسان تراز آب زمانی که ضخامت رسوب پشت سرریز صفر می‌باشد، نسبت به زمانی که رسوبات وارد سیستم می‌شوند، تفاوتی پیدا نمی‌کند. حتی با تغییر اندازه رسوبات نیز تغییری در تراز سطح آب حاصل نشد و همه نمودارها تراز آبی یکسانی را نشان می‌دادند.

شکل (۴-۱۹) نیز نشان‌دهنده‌ی تأثیر رسوبات روی تراز سطح آب در فاصله ۳۰ سانتی‌متری از

سرریز و در دبی‌های مختلف می‌باشد. در این حالت نیز همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، در دبی‌های ثابت، اضافه شدن رسوبات تغییری روی تراز آب ایجاد نکردند.

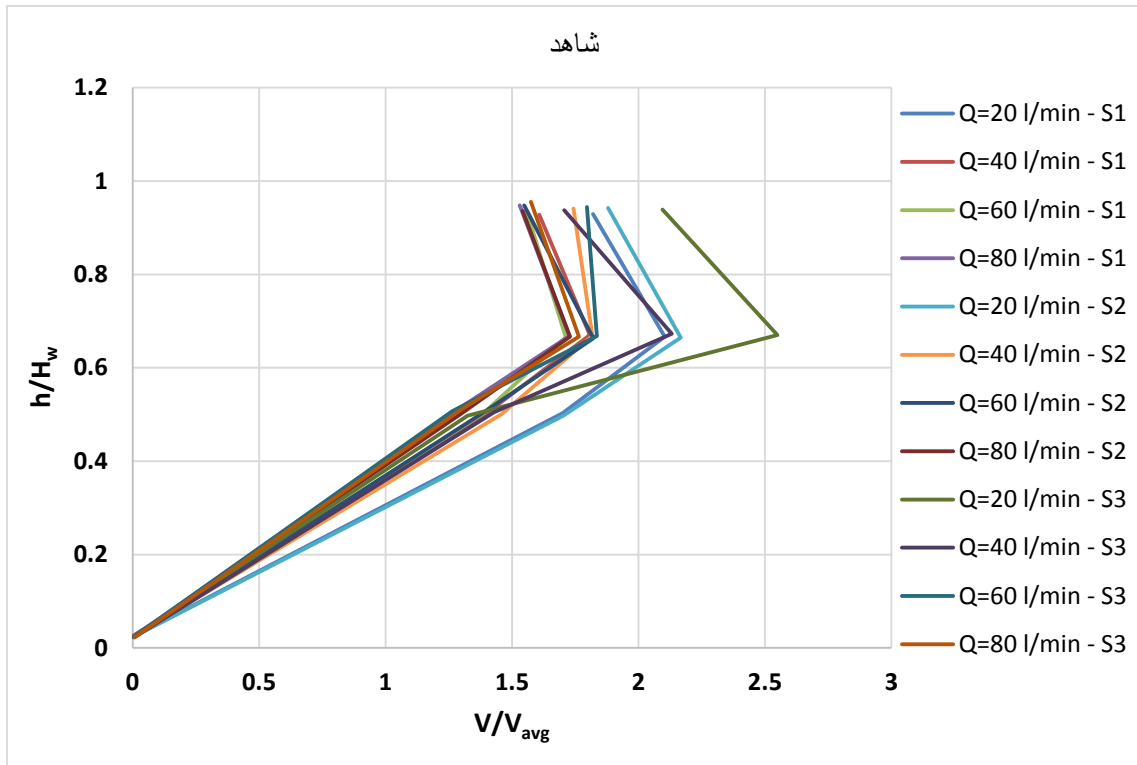
شکل (۴-۲۰) نیز مانند دو شکل دیگر گویای تأثیر افزودن رسوب به جریان آب پشت سرریز بوده با این تفاوت که این بار عمق‌سنجی در فاصله ۶۰ سانتی‌متری واقع در بالادست سرریز انجام شد. این شکل نیز به ما این نکته را یادآور می‌شود که با افزودن رسوب به آب، تراز آب در فاصله ۶۰ سانتی‌متری نیز هیچ تغییری نمی‌کند.

از شکل‌های بالا به این نتیجه می‌رسیم که در دبی‌های برابر، اضافه شدن رسوبات به جریان بالادست سرریز اوجی هیچ تأثیری روی تراز سطح آب ندارد و همچنین بزرگ شدن اندازه ذرات رسوب نیز تغییر ارتفاع آبی را در هیچ مقطعی به ما نشان نمی‌دهد. در واقع عمق بحرانی که جریان آب با آن عمق از سرریز ریزش می‌کند، در حضور رسوبات و یا عدم حضور آن‌ها تفاوتی نکرده و یکسان خواهد بود.

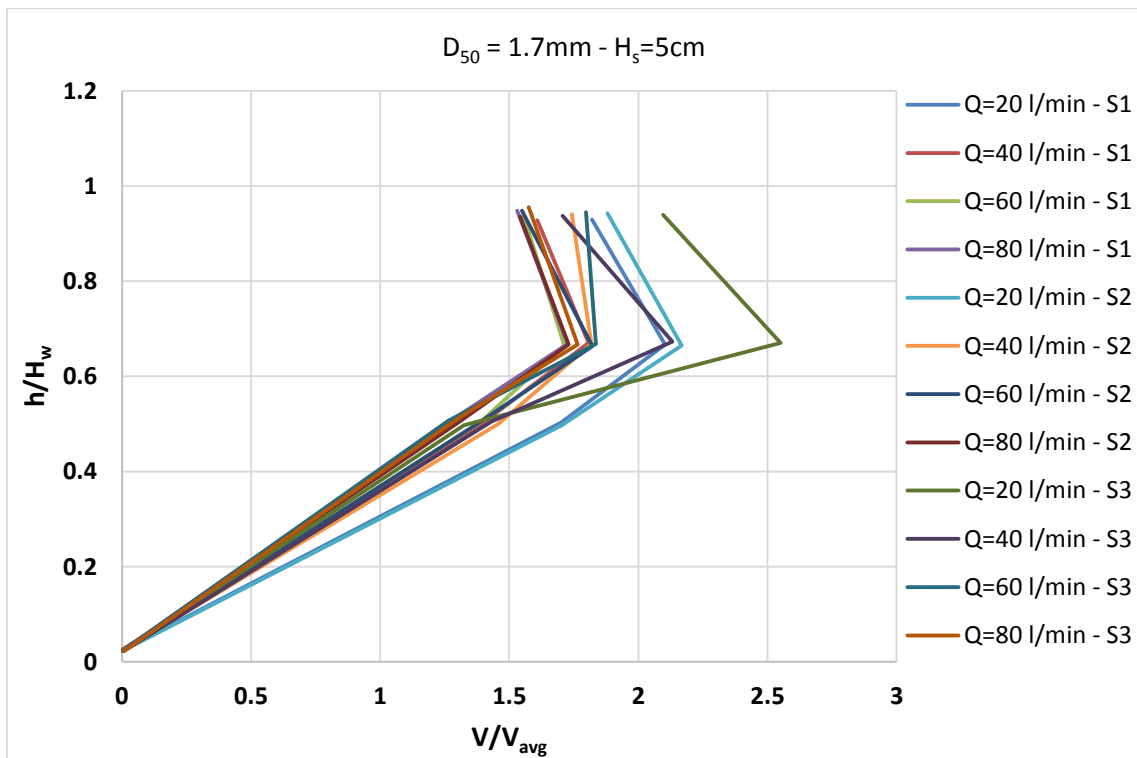
۴-۲-۲-۲-۴- بررسی تأثیر رسوب بر روی سرعت جریان

در این قسمت همانند آنچه برای سرریز ۱۰ سانتی‌متری انجام شد، با استفاده از تجزیه و تحلیل داده‌های سرعت اندازه‌گیری شده، میزان تأثیر رسوبات ته‌نشین شده در بالادست سرریز اوجی روی سرعت جریان به دست آمده و در ادامه به بررسی اثر این تغییرات سرعت روی ضریب تخلیه‌ی سرریز پرداخته خواهد شد.

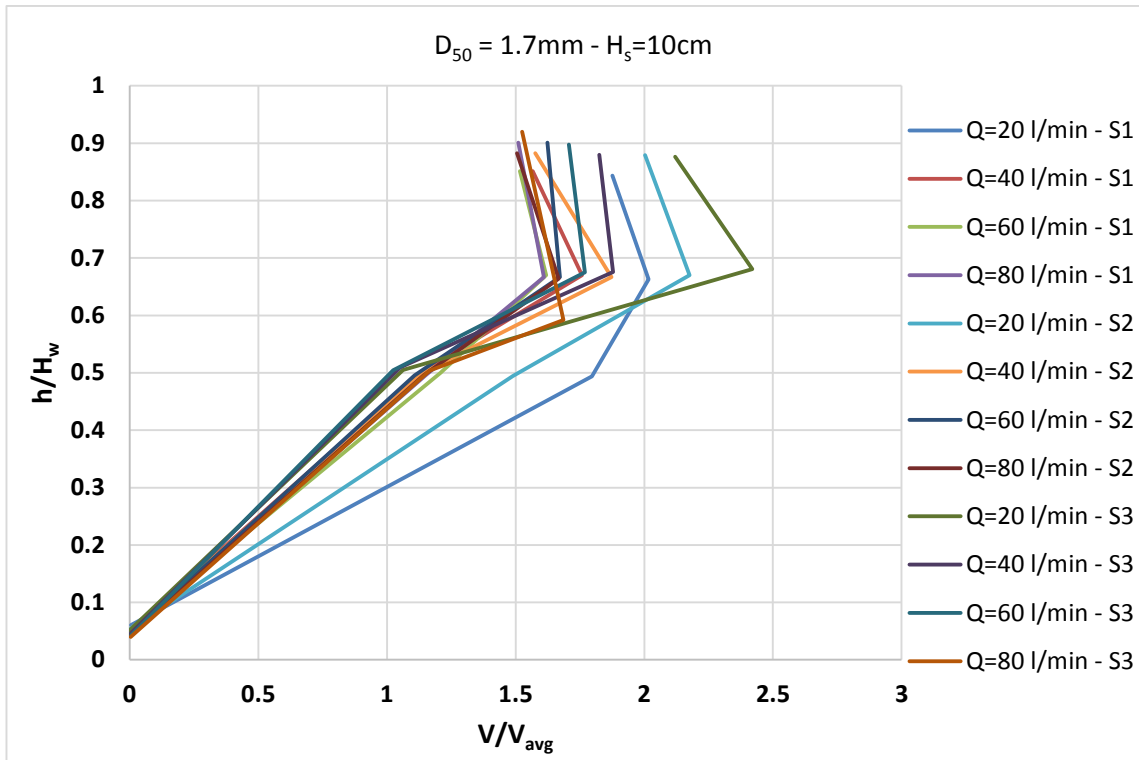
در ابتدای کار به روند تغییرات سرعت نسبت به عمق پرداخته می‌شود که شکل‌های (۴-۲۱) تا (۴-۲۷) این روند تغییرات سرعت را در حالات مختلف آزمایش نشان می‌دهند.



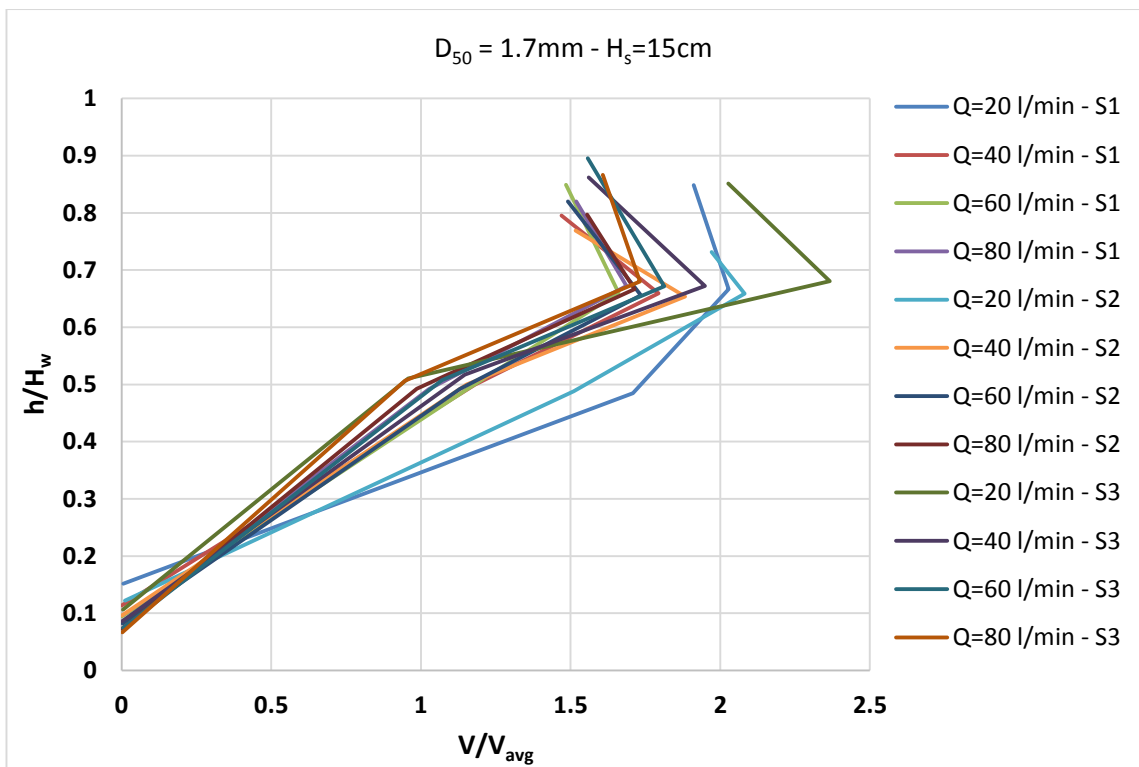
شکل ۴-۲۱- تغییرات سرعت در عمق جریان بدون رسوب



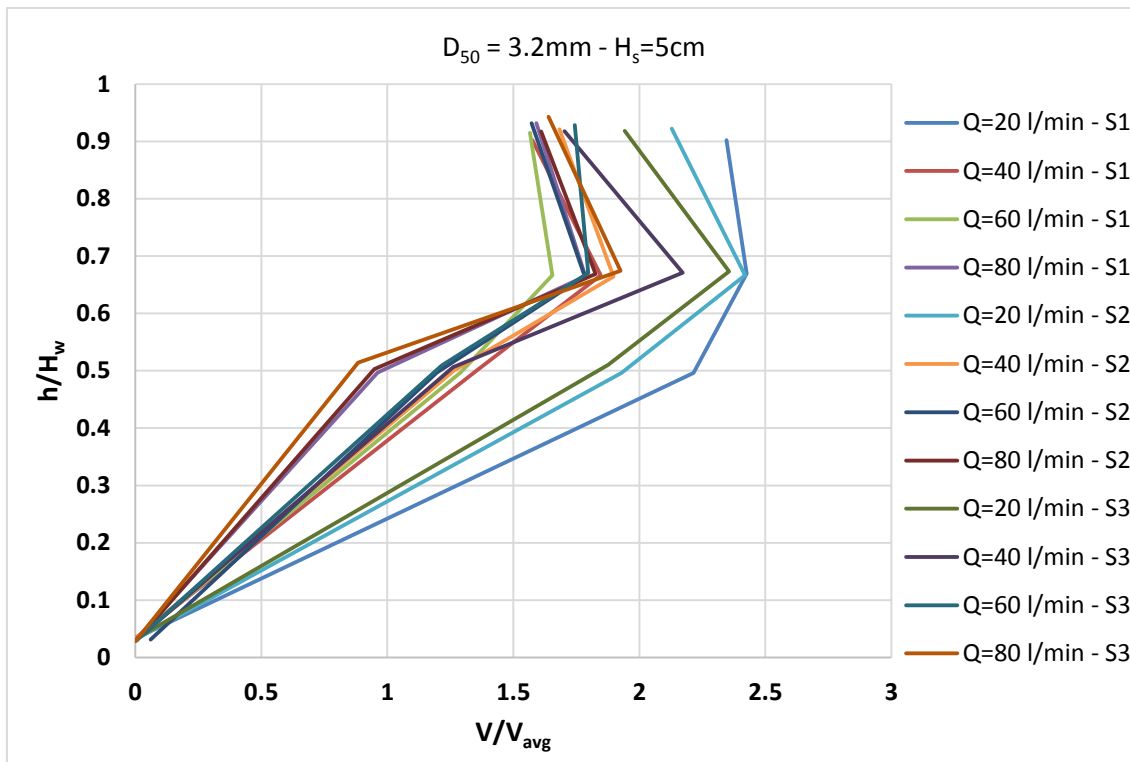
شکل ۴-۲۲- تغییرات سرعت در عمق جریان با $D_{50} = 1.7\text{mm} - H_s = 5\text{cm}$



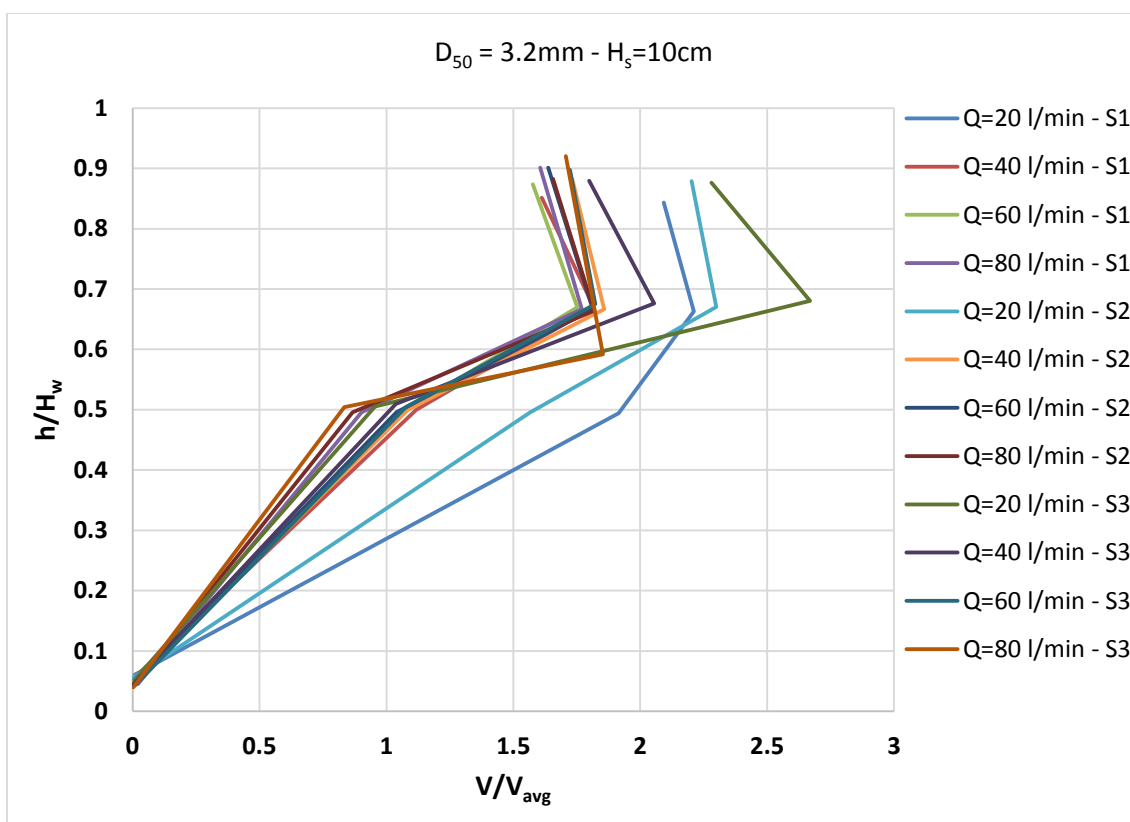
شکل ۴-۲۳- تغییرات سرعت در عمق جریان با $D_{50} = 1.7\text{mm} - H_s = 10\text{cm}$



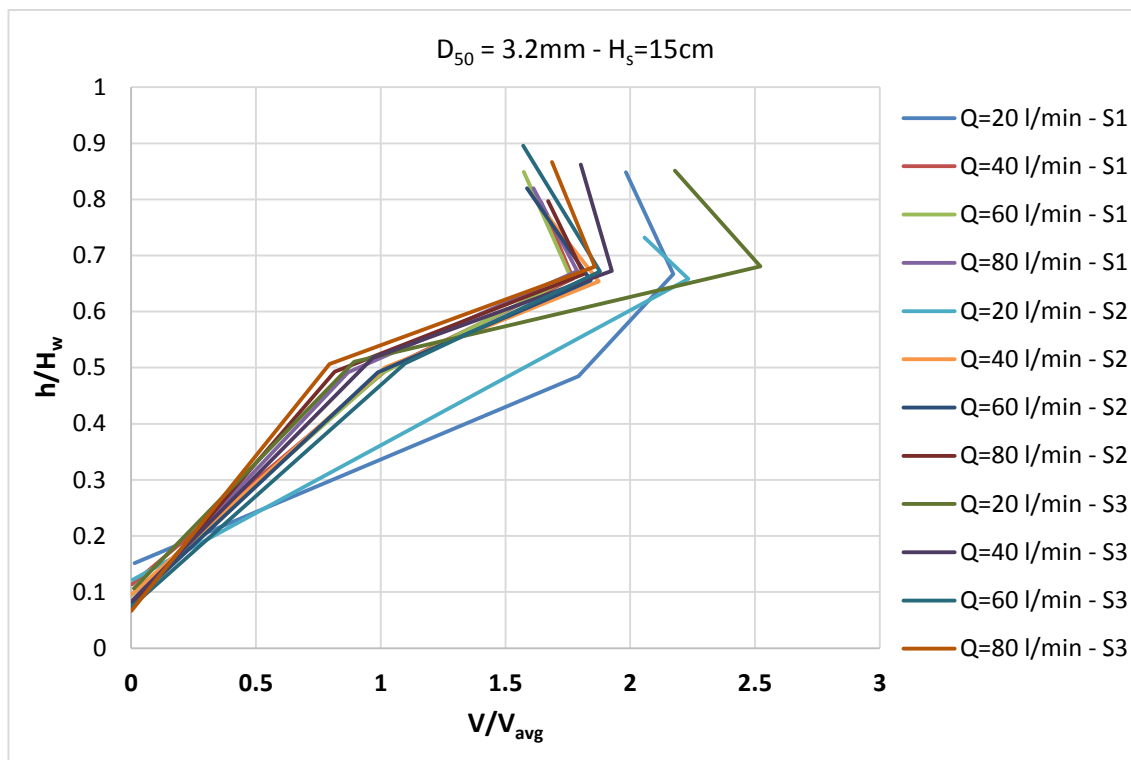
شکل ۴-۲۴- تغییرات سرعت در عمق جریان با $D_{50} = 1.7\text{mm} - H_s = 15\text{cm}$



شکل ۴-۲۵- تغییرات سرعت در عمق جریان با $D_{50} = 3.2\text{mm} - H_s = 5\text{cm}$



شکل ۴-۲۶- تغییرات سرعت در عمق جریان با $D_{50} = 3.2\text{mm} - H_s = 10\text{cm}$



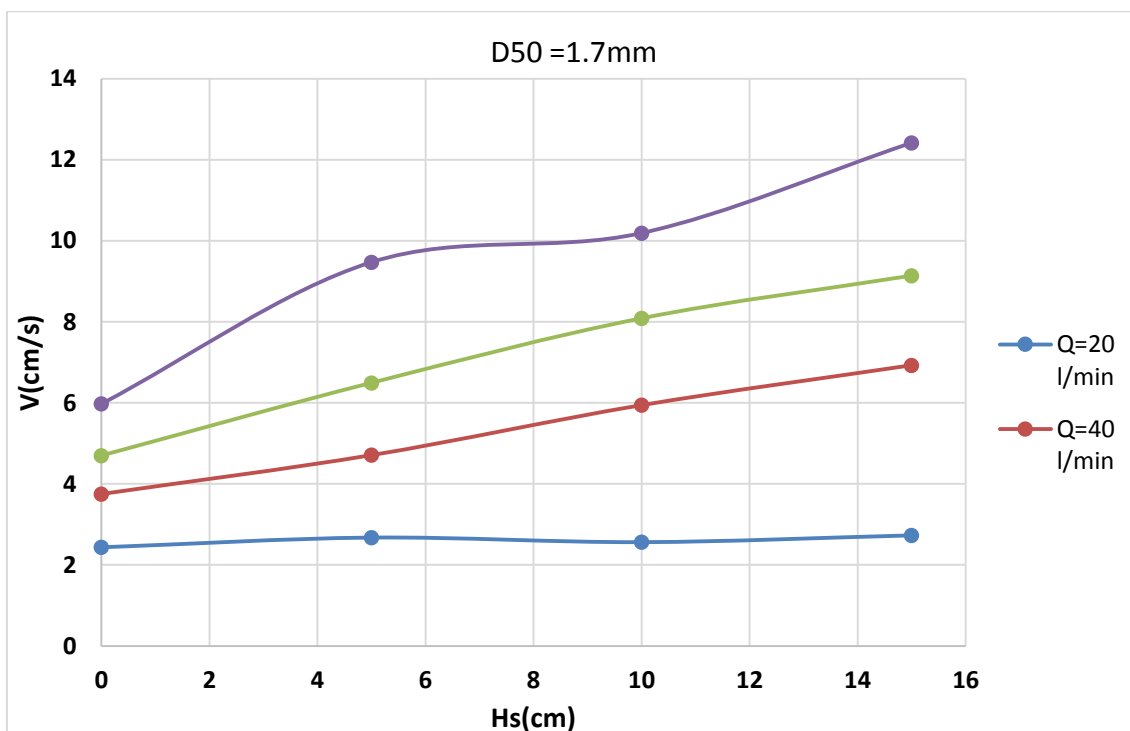
شکل ۴-۲۷- تغییرات سرعت در عمق جریان با $D_{50} = 3.2\text{mm} - H_s = 15\text{cm}$

یادآوری می‌شود که سرعت در دبی‌های ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ لیتر بر دقیقه در سه مقطع ۳، ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متری از سرریز و در بالادست آن و در چهار نقطه‌ی کف جریان نزدیک بستر، یک‌دوم عمق جریان از بستر، دوسوم عمق جریان از بستر و نقطه‌ای در نزدیکی‌های سطح جریان آب، به‌دست آمده و ثبت گردید. در شکل‌های (۴-۲۱) تا (۴-۲۷) پارامتر V_x گویای سرعت جریان آب در جهت جریان در نقطه‌های اندازه‌گیری و V_{avg} نشان‌دهنده‌ی میانگین سرعت در هر مقطع مورد نظر می‌باشد و همچنین پارامترهای H_w و h به ترتیب معادل هستند با فاصله سطح آب تا سطح مبنا و فاصله‌ی نقطه‌ای که سرعت در آن اندازه‌گیری شده تا سطح مبنا که این سطح مبنا متغیر بوده و با افزودن رسوب به بستر کانال تغییر کرده و بالا می‌آید. افزایش نسبت V_x / V_{avg} نشان‌گر افزایش سرعت جریان بوده و کاهش آن یعنی سرعت کم می‌شود و نیز هر چه نسبت h/H_w بیشتر باشد، یعنی نقطه‌ی مورد نظر به سطح آب نزدیک‌تر است.

در همه شکل‌های بالا همان‌طور که مشاهده می‌شود، سرعت جریان آب به علت تأثیراتی که تنش

برشی هوا و بستر کانال روی جریان دارند و نیز مقاومتی که جریان‌های ثانویه در برابر جریان آب دارند، جریان تا یک عمق مشخصی روند افزایشی دارد و از آن عمق به بعد سرعت آب روند کاهشی به خود می‌گیرد که این نقطه‌ی مشخص، عمق دوسوم از بستر می‌باشد.

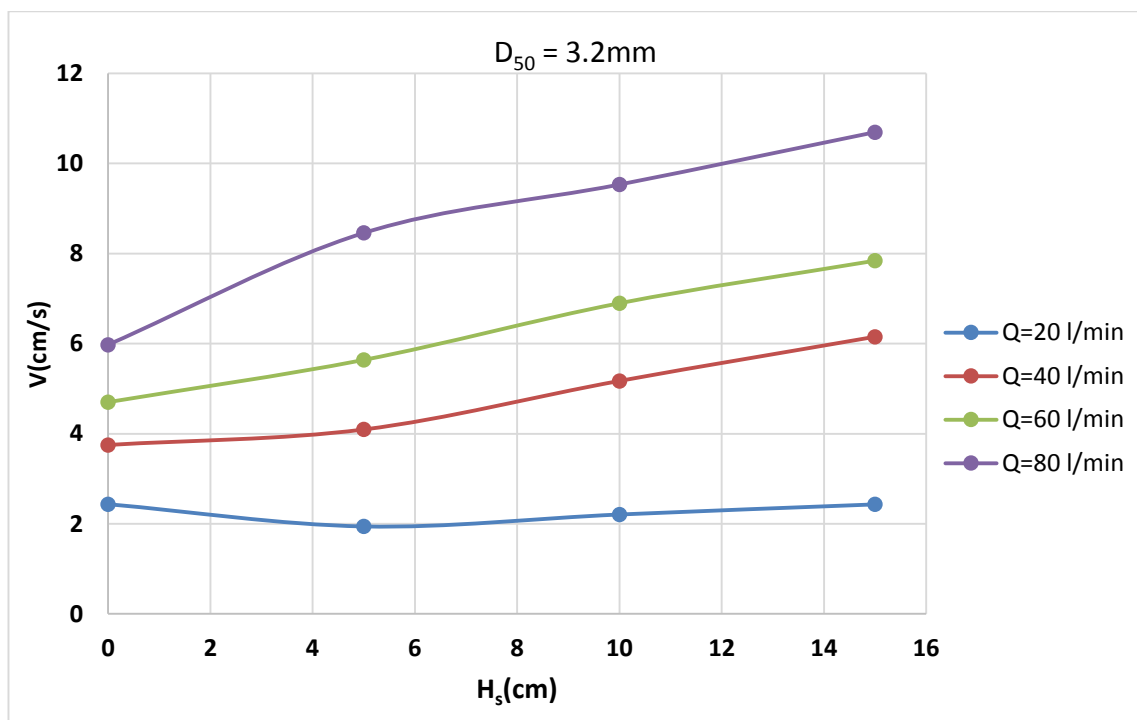
در ادامه برای نشان دادن تأثیر رسوبات ته‌نشین شده‌ی پشت سرریز اوجی روی سرعت جریان، نمودارهای تغییرات سرعت (V_{avg-Q}) نسبت به ضخامت رسوبات ته‌نشین شده (H_s)، رسم شدند که در شکل‌های (۴-۲۸)، (۴-۲۹) و (۴-۳۰) ارائه شده‌اند. پارامتر V_{avg-Q} ، میانگین سرعت هر دبی می‌باشد که در سه مقطع ۳، ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متری و در چهار نقطه‌ای که به آن‌ها اشاره شد، اندازه‌گیری شد. نمودارها با استفاده از سرعت متوسط اندازه گرفته شده در چهار حالت بدون رسوب یا ضخامت صفر و ارتفاع‌های رسوب ۳، ۶ و ۹ سانتی‌متری رسم شدند.



شکل ۴-۲۸- تغییرات سرعت نسبت به ضخامت رسوبات با $D_{50} = 1.7\text{mm}$

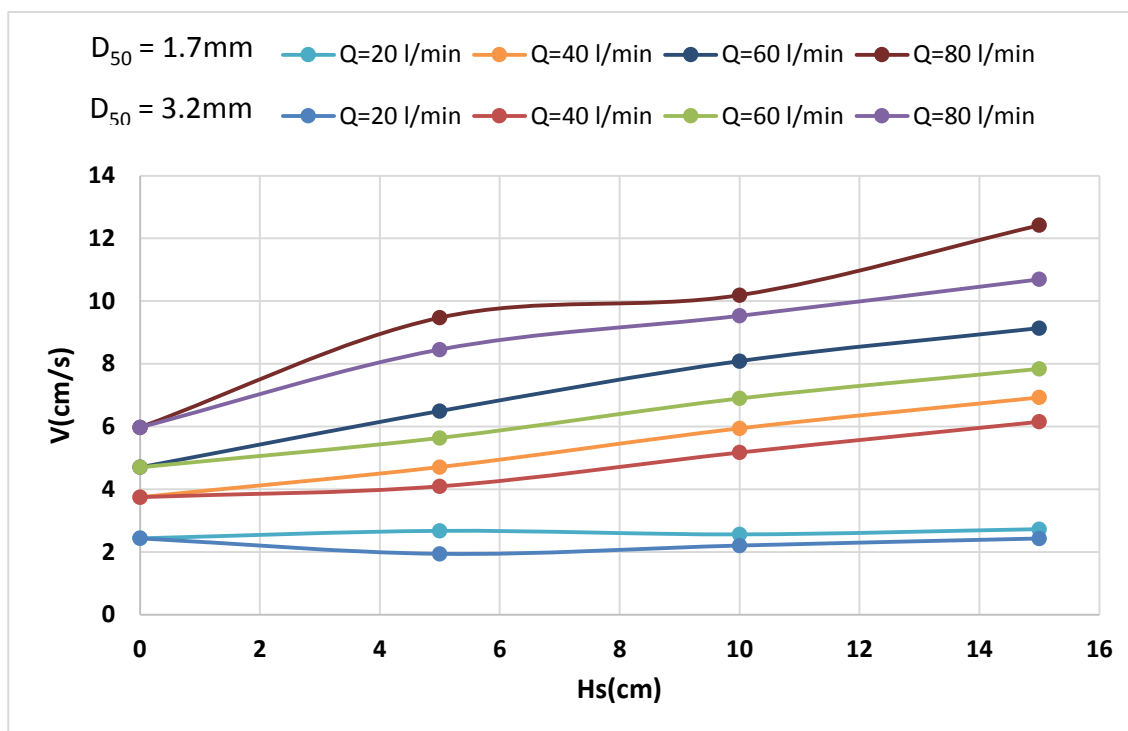
شکل (۴-۲۸) نشان می‌دهد که با افزودن رسوب با قطر متوسط $1/7$ میلی‌متر به فلوم، در اکثر دبی‌ها به جز دبی ۲۰ لیتر بر دقیقه سرعت به دلیل غلبه مقاومت بستر بر سرعت جریان، سرعت آب

افزایش محسوسی می‌یابد که این افزایش سرعت به علت کاهش سطح مقطع جریان است که بر اساس قانون پیوستگی ($Q=AV$)، در دبی ثابت با کاهش سطح مقطع سرعت افزایش می‌یابد. اما در دبی ۲۰ لیتر بر دقیقه، سرعت با افزایش ضخامت رسوبات به ۵ سانتی‌متر ابتدا مقداری افزایش پیدا کرد سپس کم شده و دوباره زیاد گردید. ولی در کل این کاهش و افزایش سرعت چشم‌گیر نبوده و تقریباً مقدار ثابتی را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۲۹- تغییرات سرعت نسبت به ضخامت رسوبات با $D_{50} = 3.2\text{mm}$

شکل (۴-۲۹) که تأثیر افزایش ضخامت رسوبات با قطر متوسط $3/2$ میلی‌متر روی سرعت جریان را بیان می‌کند، هم نشان می‌دهد که به دلیل اینکه با افزایش رسوب سطح مقطع جریان کم می‌شود، در همه‌ی دبی‌ها به جز دبی ۲۰ لیتر بر دقیقه بنابر قانون پیوستگی ($Q=AV$)، افزایش ارتفاع رسوبات منجر به افزایش سرعت جریان می‌شود اما در دبی ۲۰ لیتر بر دقیقه با افزایش ضخامت رسوبات، سرعت جریان ابتدا کم شده و سپس سیر صعودی پیدا می‌کند که علت این امر تأثیر فراوانی است که زبری کف روی سرعت جریان در این دبی دارد.



شکل ۴-۳- تغییرات سرعت نسبت به ضخامت رسوبات با $D_{50} = 1.7\text{mm}$ و $D_{50} = 3.2\text{mm}$

شکل (۴-۳) مقایسه‌ی تغییرات سرعت نسبت به افزایش ضخامت رسوبات را بین دو نوع رسوب با قطرهای متوسط $1/7$ و $3/2$ میلیمتر نشان می‌دهد و این نکته را نشان می‌دهد در دبی‌های یکسان سرعت جریان آب وقتی رسوب با قطر $1/7$ میلیمتر درون فلوم قرار دارد، بیشتر از سرعت آبی است که روی رسوبات با قطر متوسط $3/2$ میلیمتر جریان دارد. می‌توان این نتیجه را گرفت که هر چه اندازه قطر رسوبات بیشتر باشد، سرعت جریان آب عبوری از روی آن کمتر خواهد بود. در واقع و براساس مطالعات صورت گرفته می‌توان این‌گونه برداشت نمود که در سطح مبنای یکسان هرچه زبری بستر بیشتر باشد به این دلیل که مقاومت بستر در مقابل حرکت جریان آب بیشتر می‌شود، سرعت آب کاهش می‌یابد. و همچنین بر اساس آن‌چه شکل نشان می‌دهد، در دبی‌های کم کاهش سرعت ناشی از مقاومتی که رسوبات در برابر سرعت جریان دارند، بر افزایش سرعت حاصل از کم شدن سطح مقطع جریان غلبه کرده و براینکه این تغییرات منجر به این می‌شود که در دبی‌های کم تغییرات محسوس سرعتی مشاهده نشود.

۴-۲-۳- تجزیه و تحلیل اثر رسوب روی ضریب تخلیه بر اساس روابط حاکم بر جریان

همان گونه که در فصل سوم گفته شد، تأثیر رسوبات روی ضریب تخلیه با استفاده از روابط حاکم

بر جریان، به دو روش مورد بررسی قرار گرفت:

۱. روابط سرریز اوجی

۲. آنالیز ابعادی

۴-۲-۳-۱- روابط سرریز اوجی

ابتدا با استفاده از روابط (۳-۱)، (۳-۲) و (۳-۳) ضریب تخلیه به دست می آید. پارامتری که نشان دهنده تأثیر رسوبات روی ضریب تخلیه در رابطه دبی سرریز اوجی می باشد، سرعت بوده که با استفاده از آن ارتفاع مؤثر به دست آمده که با استفاده از آن و پارامترهای دیگر ضریب دبی محاسبه می شود. در ادامه نمونه ای از محاسبات انجام شده در جدول (۴-۹) آورده شده و نمونه ای از مراحل انجام محاسبات ضریب تخلیه آمده است.

$$H_e = 0.041(m) + \frac{[0.02435(m/s)]^2}{2 \times 9.81(m/s^2)} = 0.04103 m$$

$$L_e = 0.1(m) - [2 \times 0.1 \times 0.041(m)] = 0.0918 m$$

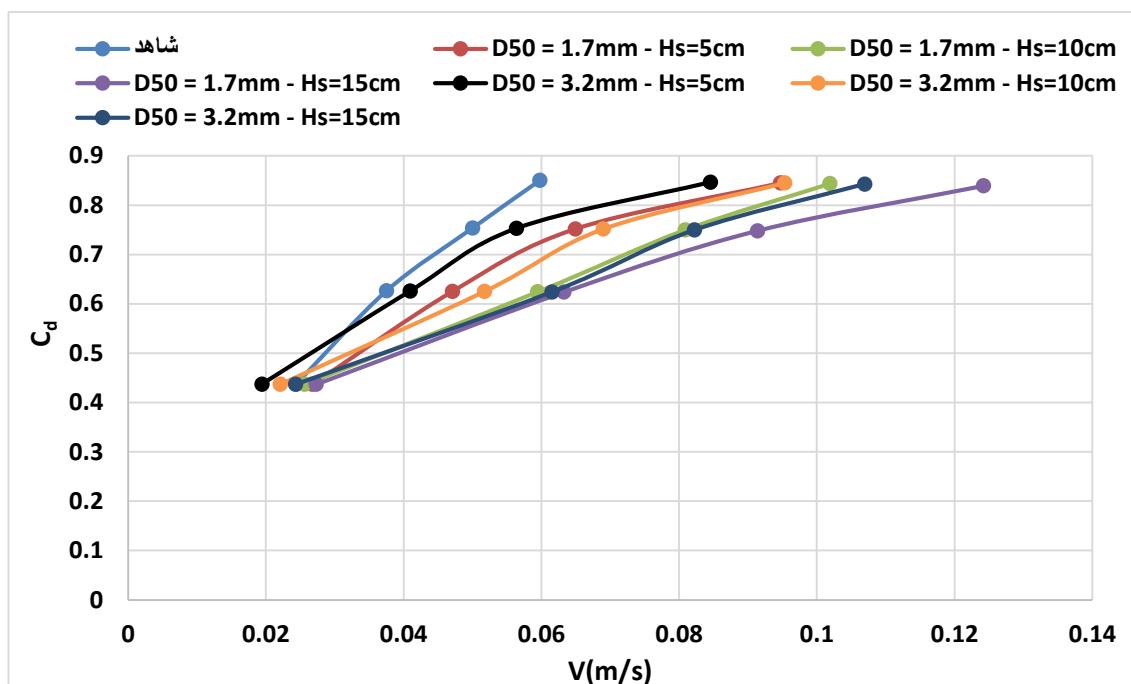
$$C_d = \frac{0.000333(m^3/s)}{0.0918(m) \times (0.04103(m))^{1.5}} = 0.436898$$

جدول ۴-۹- محاسبه پارامترهای هیدرولیکی برای سرریز اوجی

D ₅₀ (mm)	H _s (cm)	Q(l/min)	V ₀ (m/s)	H _d (m)	H _e (m)	Le(m)	C _d
-	0	20	0.02435	0.041	0.04103	0.0918	0.436898
		40	0.0375	0.052	0.052072	0.0896	0.626179
		60	0.050008	0.061	0.061127	0.0878	0.753617
		80	0.059758	0.069	0.069182	0.0862	0.850045
1.7	5	20	0.026742	0.041	0.041036	0.0918	0.436799
		40	0.0471	0.052	0.052113	0.0896	0.625433
		60	0.06495	0.061	0.061215	0.0878	0.752001
		80	0.094725	0.069	0.069457	0.0862	0.844995
	10	20	0.025617	0.041	0.041033	0.0918	0.436847
		40	0.059433	0.052	0.05218	0.0896	0.624229
		60	0.080875	0.061	0.061333	0.0878	0.749826
		80	0.101908	0.069	0.069529	0.0862	0.843683
	15	20	0.027292	0.041	0.041038	0.0918	0.436775
		40	0.063283	0.052	0.052204	0.0896	0.623797
		60	0.0914	0.061	0.061426	0.0878	0.748134
		80	0.124183	0.069	0.069786	0.0862	0.839033
3.2	5	20	0.019417	0.041	0.041019	0.0918	0.437074
		40	0.040942	0.052	0.052085	0.0896	0.625931
		60	0.056383	0.061	0.061162	0.0878	0.752979
		80	0.084567	0.069	0.069365	0.0862	0.846692
	10	20	0.022067	0.041	0.041025	0.0918	0.436985
		40	0.051717	0.052	0.052136	0.0896	0.625015
		60	0.068967	0.061	0.061242	0.0878	0.751496
		80	0.095317	0.069	0.069463	0.0862	0.844891
	15	20	0.024308	0.041	0.04103	0.0918	0.4369
		40	0.061525	0.052	0.052193	0.0896	0.623998
		60	0.082222	0.061	0.061345	0.0878	0.74962
		80	0.106942	0.069	0.069583	0.0862	0.842709

جدول ۴-۱۰- ضرایب تخلیه در دبی‌ها مختلف و در اندازه‌ها و ارتفاع‌های مختلف رسوب

	Q=20 l/min	Q=40 l/min	Q=60 l/min	Q=80 l/min
D50=1.7mm-Hs=5cm	0.4367988	0.625433	0.7520013	0.8435712
D50=1.7mm-Hs=10cm	0.4368467	0.6242293	0.7498255	0.8347161
D50=1.7mm-Hs=15cm	0.4367746	0.6237975	0.748134	0.8341233
D50=3.2mm-Hs=5cm	0.4370741	0.6259308	0.7529786	0.8450233
D50=3.2mm-Hs=10cm	0.4369845	0.6250146	0.7514964	0.8430285
D50=3.2mm-Hs=15cm	0.4368999	0.623998	0.7496202	0.8383965

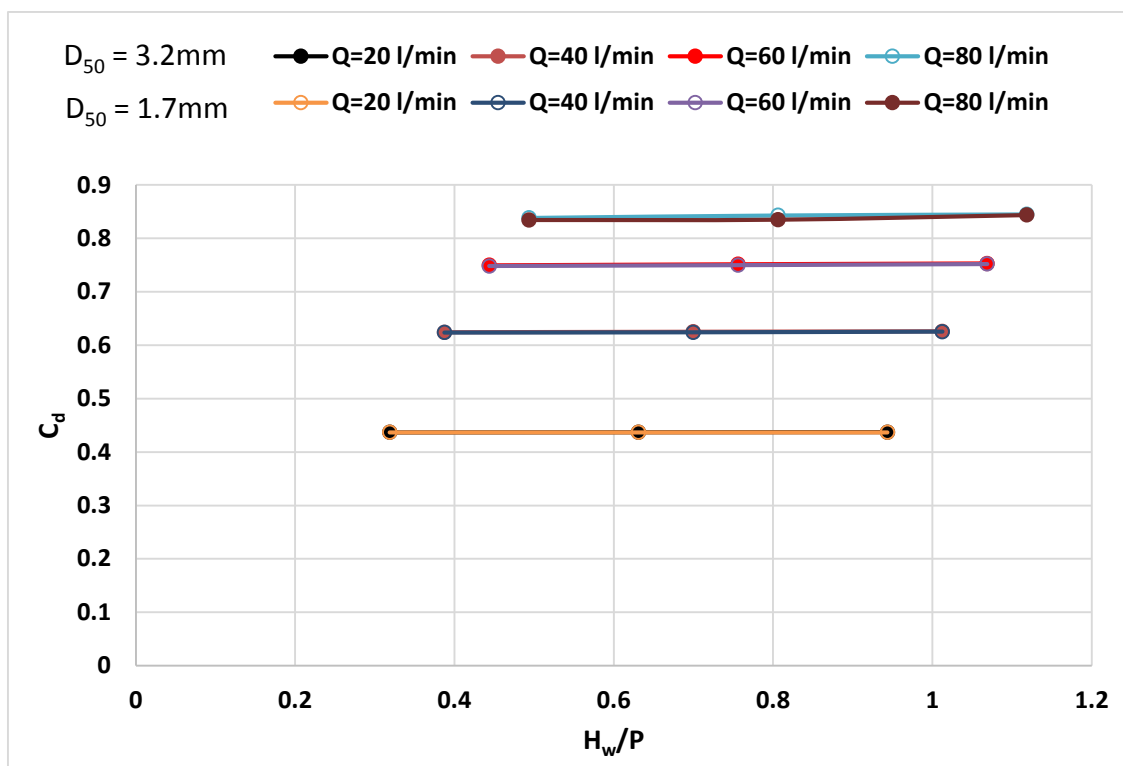


شکل ۴-۳۱- تغییرات ضریب دبی نسبت به سرعت جریان در حالات مختلف

شکل (۴-۳۱) گویای این است که در سرریز ۱۶ سانتی متری هم مانند سرریز ۱۰ سانتی متری، با افزایش سرعت جریان آب، ضریب تخلیه افزایش می یابد. در سرریز ۱۰ سانتی متری هر چه دبی افزایش می یافت، تغییرات ضریب تخلیه نیز کم شده و به یک عدد ثابت همگرا می شد. در سرریز ۱۶ سانتی متری نیز همان طور که در شکل مشخص است با افزایش دبی تغییرات ضریب تخلیه نیز به مرور کاهش یافته و میل به همگرایی دارد اما به علت این که حداکثر دبی مورد استفاده در این پژوهش ۸۰ لیتر بر دقیقه است، مقدار ضریب دبی که نمودارها در آن ثابت شده و همگرا می شوند، مشخص نبوده و نیاز به آزمایش در دبی های بالاتری است.

۴-۲-۲-۲-۲-۲- آنالیز ابعادی

با استفاده از پارامترهای بی بعدی که در فصل سه به دست آمدند و به کمک ضرایب دبی به دست آمده با استفاده از رابطه دبی سرریز اوجی که در جدول (۴-۹) نشان داده شده اند، تغییرات ضریب شدت جریان عبوری از روی سرریز اوجی نسبت به روابط بی بعد حاصل از آنالیز ابعادی، در شکل هایی رسم شدند که مورد تجزیه و قرار گرفتند.

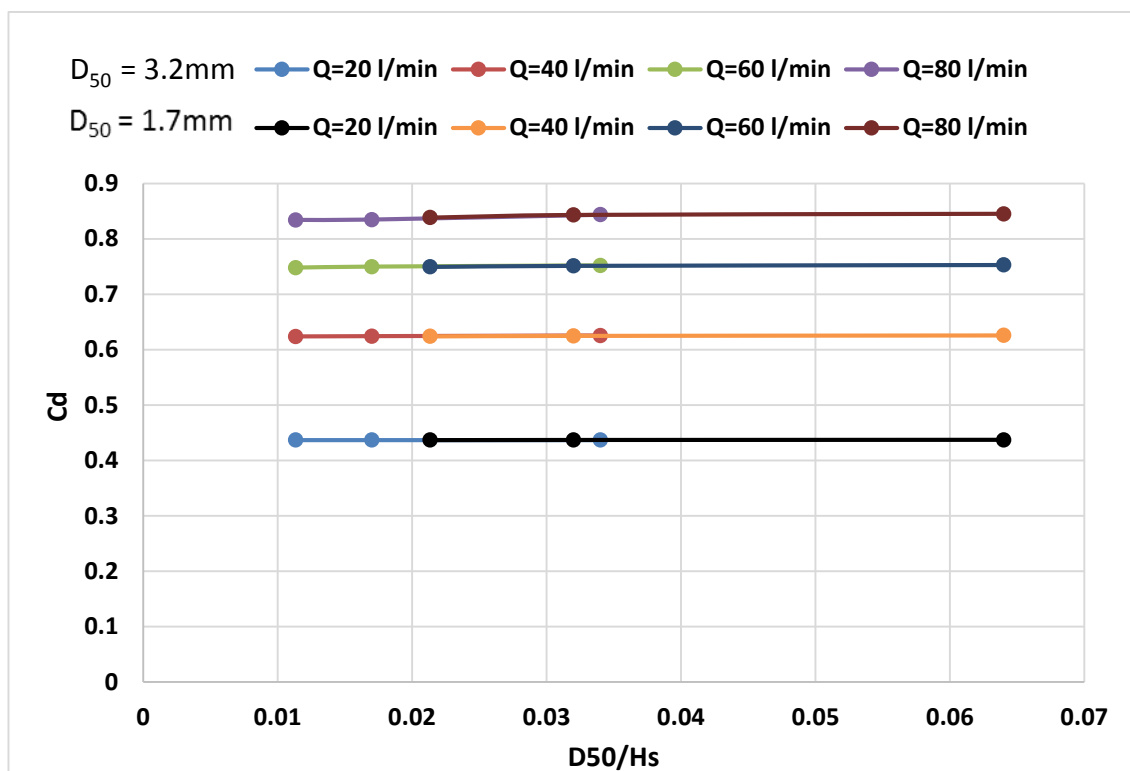


شکل ۴-۳۲- تغییرات C_d در برابر H_w/P

بر اساس آنچه که در شکل (۴-۳۲) نشان داده شده است، تنها پارامتری که نشان دهنده تغییرات ضریب تخلیه است دبی جریان بوده که نشان می‌دهد با زیاد شدن دبی ضریب تخلیه افزایش می‌یابد. اندازه رسوبات تأثیری رو تغییرات ضریب دبی نسبت به H_w/P نداشته و یا اثر بسیار ناچیزی دارد. برای واضح‌تر نشان دادن تغییرات ضریب تخلیه نسبت به H_w/P ، جدول (۴-۱۱) ایجاد شده که بیانگر در صد تغییرات ضریب دبی نسبت به H_w/P است.

جدول ۴-۱۱- درصد تغییرات ضریب تخلیه نسبت به افزایش H_w/P

D_{50} (mm)	Q (l/min)	% H_w/P	% C_d
1.7	20	+ 49.61	+ 0.00
	40	+ 45.74	+ 0.17
	60	+ 43.01	+ 0.34
	80	+ 40.85	+ 0.74
3.2	20	+ 49.61	+ 0.02
	40	+ 45.74	+ 0.20
	60	+ 43.01	+ 0.29
	80	+ 40.85	+ 0.52



شکل ۴-۳۳- تغییرات C_d در برابر D_{50}/H_s

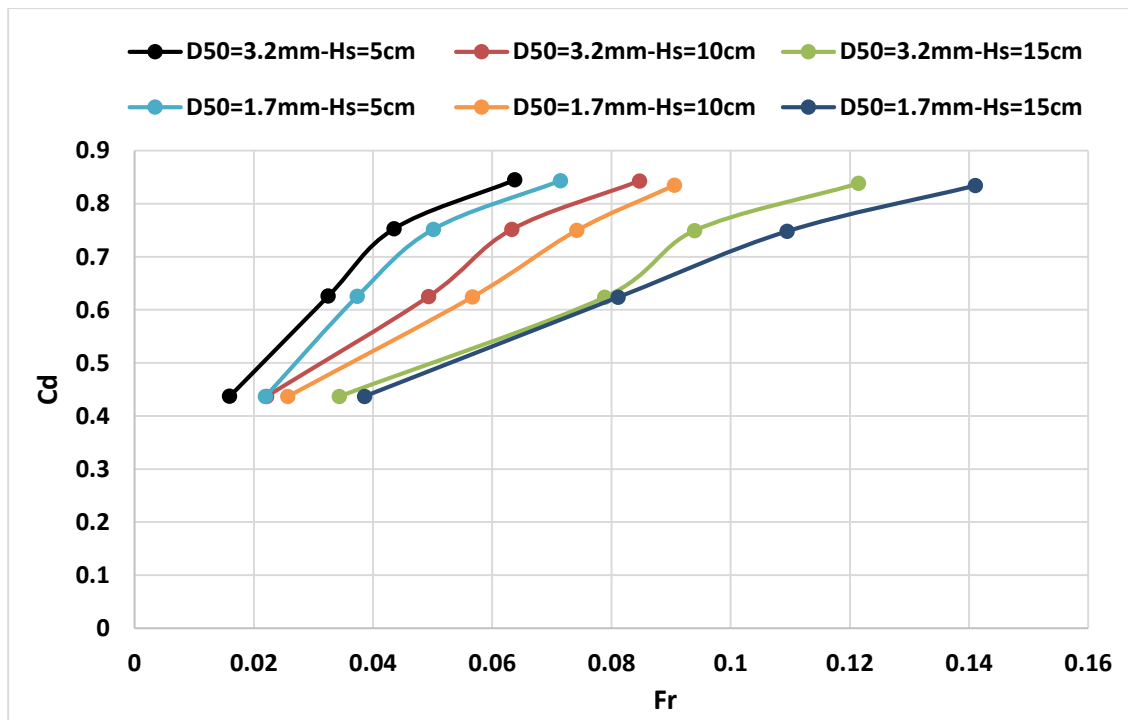
شکل (۴-۳۳) که بیانگر تغییرات ضریب تخلیه نسبت به D_{50}/H_s است، نشان می‌دهد تغییرات D_{50}/H_s تأثیری روی ضریب دبی ندارد. برای دانستن اثر اندازه رسوبات و ارتفاع رسوبات روی ضریب دبی، جدول‌های (۴-۱۲) و (۴-۱۳) تشکیل شدند که تأثیر اندازه رسوب و ارتفاع رسوبات را روی ضریب دبی به صورت کمی نشان می‌دهند و گویای این نکته هستند که با افزایش اندازه قطر رسوبات ضریب تخلیه زیاد و با افزایش ارتفاع رسوبات ته‌نشین شده، ضریب تخلیه کم می‌گردد هر چند که این تغییرات بسیار ناچیز است.

جدول ۴-۱۲- درصد تغییرات ضریب تخلیه نسبت به تغییرات اندازه رسوب

Q(l/min)	% D50	% Cd
20	+ 46.87	+ 0.04
40	+ 46.87	+ 0.07
60	+ 46.87	+ 0.18
80	+ 46.87	+ 0.55

جدول ۴-۱۳- درصد تغییرات ضریب تخلیه نسبت به تغییرات ارتفاع رسوب

D50(mm)	Q(l/min)	% Hs	% Cd
1.7	20	+ 50	- 0.00
	40	+ 50	- 0.17
	60	+ 50	- 0.34
	80	+ 50	- 0.75
3.2	20	+ 50	- 0.02
	40	+ 50	- 0.20
	60	+ 50	-0.29
	80	+ 50	- 0.52



شکل ۴-۳۴- تغییرات C_d در برابر Fr

شکل (۴-۳۴) بیانگر تأثیراتی است که شرایط جریان آب روی ضریب دبی دارد و نشان می‌دهد که هرچه جریان آب بحرانی‌تر شود، ضریب تخلیه افزایش می‌یابد. جدول (۴-۱۳) برای نمایش واضح‌تر اثر شرایط جریان روی ضریب دبی فراهم شده که درصد تغییرات ضریب دبی را نسبت به Fr نشان می‌دهد.

جدول ۴-۱۴- درصد تغییرات ضریب تخلیه نسبت به تغییرات Fr

حالت آزمایش	% Fr	% Cd
شاهد	+ 34.79	+ 29.20
D50=1.7mm-Hs=5cm	+ 44.95	+ 28.97
D50=1.7mm-Hs=10cm	+ 45.10	+ 28.59
D50=1.7mm-Hs=15cm	+ 46.76	+ 28.56
D50=3.2mm-Hs=5cm	+ 49.25	+ 29.01
D50=3.2mm-Hs=10cm	+ 47.16	+ 28.94
D50=3.2mm-Hs=15cm	+ 44.21	+ 28.75

۴-۲-۳- مقایسه دو سرریز

در قسمت‌های قبل تأییراتی که رسوبات ته‌نشین شده روی شرایط جریان عبوری از سرریزها داشتند، در حضور دو سرریز ۱۰ و ۱۶ سانتی‌متری، به طور جداگانه بررسی گردید. در این بخش به مقایسه‌ی تأییراتی که دو سرریز از رسوبات متحمل شدند، پرداخته می‌شود.

دو سرریز در سه بخش عمق آب، سرعت جریان و روابط موجود در آنالیز ابعادی، با هم مقایسه می‌شوند و نمودارهای به دست آمده تجزیه و تحلیل می‌گردند.

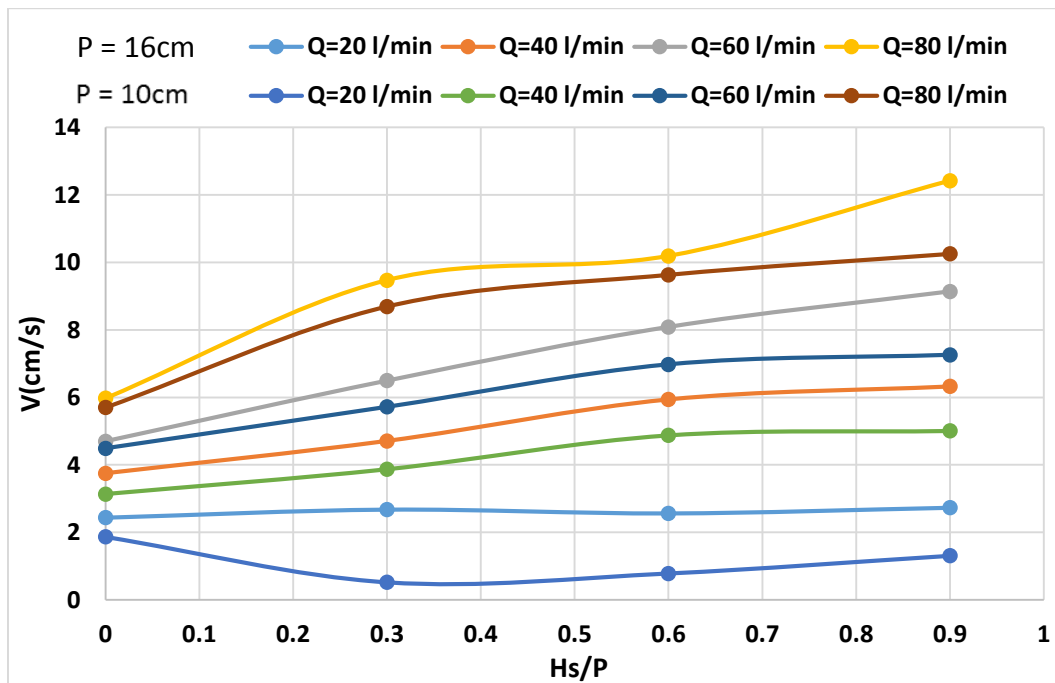
۴-۲-۳-۱- تراز سطح آب

تنها تفاوتی که بین تراز آب در دو سرریز وجود دارد این است که تراز آب بالادست سرریز ۱۶ سانتی‌متری بیشتر از تراز آب سرریز ۱۰ سانتی‌متری است که این امر به علت ارتفاع بیشتر سرریز ۱۶ سانتی‌متری، بدیهی می‌باشد. اما در مورد تأییر رسوبات، همان‌گونه که در شکل‌های موجود در بخش‌های قبل مشاهده شد، اضافه شدن رسوبات به بالادست سرریزها هیچ تأییری در تغییر تراز سطح آب سرریزها ندارد و این نکته در هر دوی سرریزها صادق بوده و از این منظر سرریزها باهم هیچ تفاوت و اختلافی ندارند.

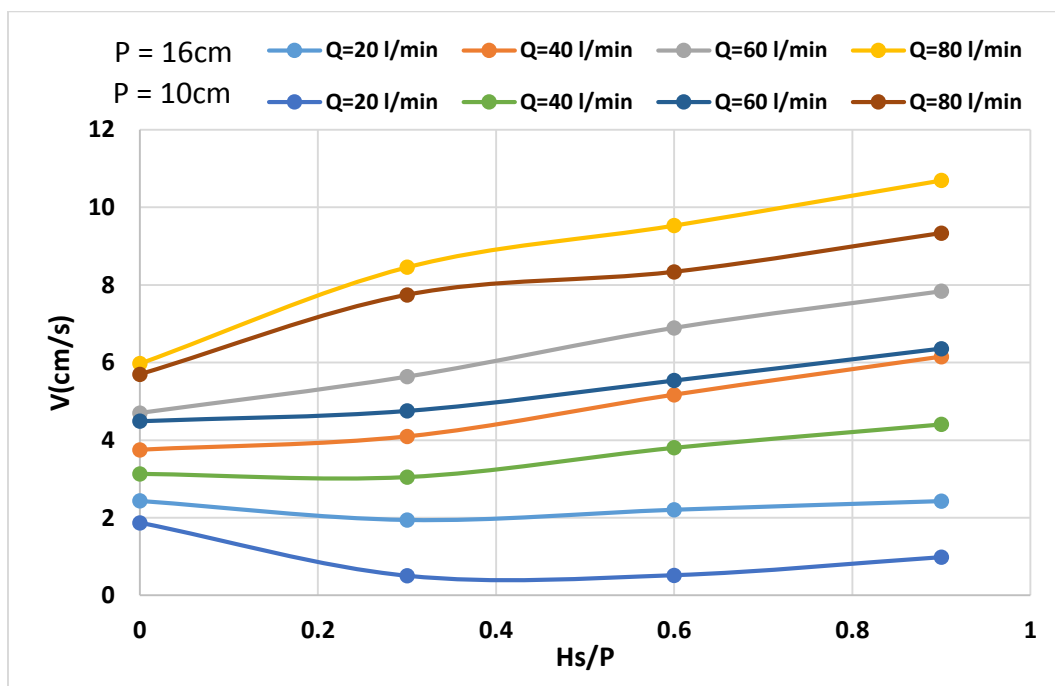
۴-۲-۳-۲- سرعت جریان

به منظور بررسی تأییر رسوبات روی سرعت جریان آب در دو سرریز ۱۶ و ۱۰ سانتی‌متر و مقایسه

تأثيرات رسوب روی سرعت دو سرریز با هم، تجزیه و تحلیل‌هایی صورت گرفته است که در شکل‌های (۳۵-۴) و (۳۶-۴) نشان داده شده‌اند.



شکل ۳۵-۴- تغییرات سرعت نسبت به H_s/P با رسوب $D_{50} = 1.7mm$

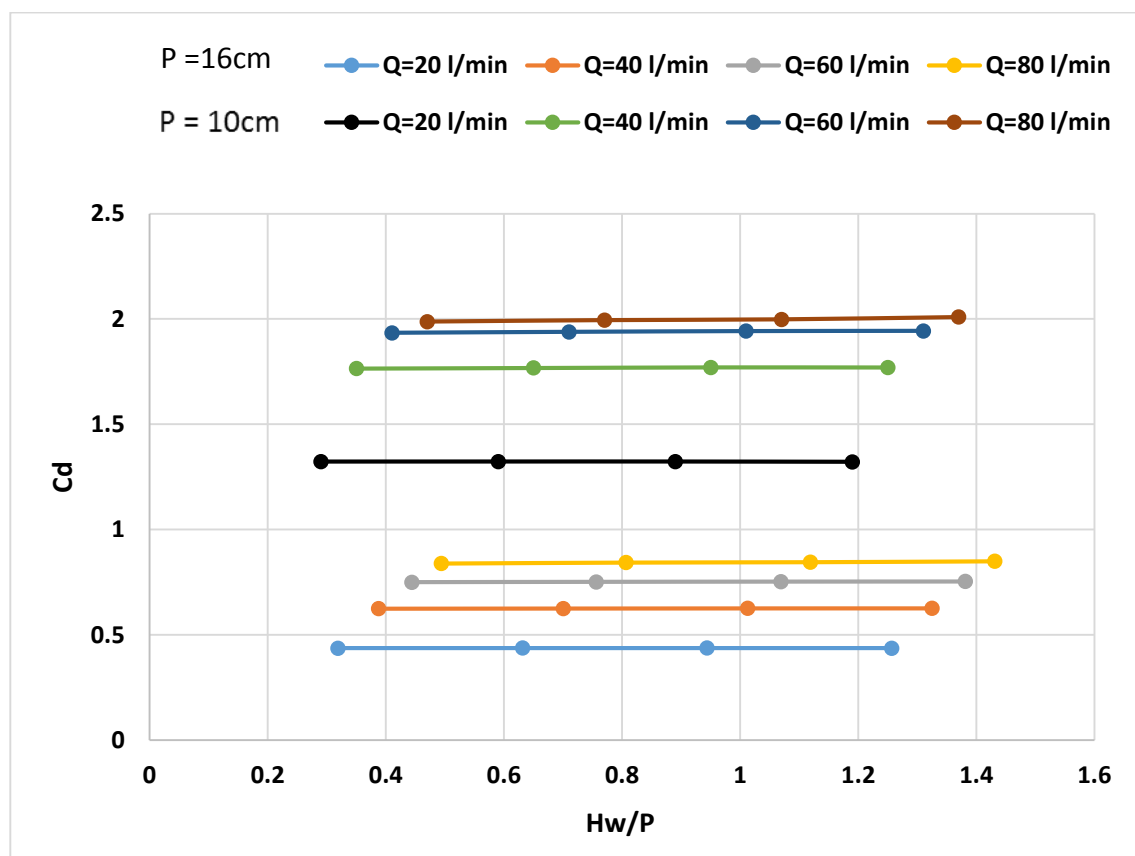


شکل ۳۶-۴- تغییرات سرعت نسبت به H_s/P با رسوب $D_{50} = 3.2mm$

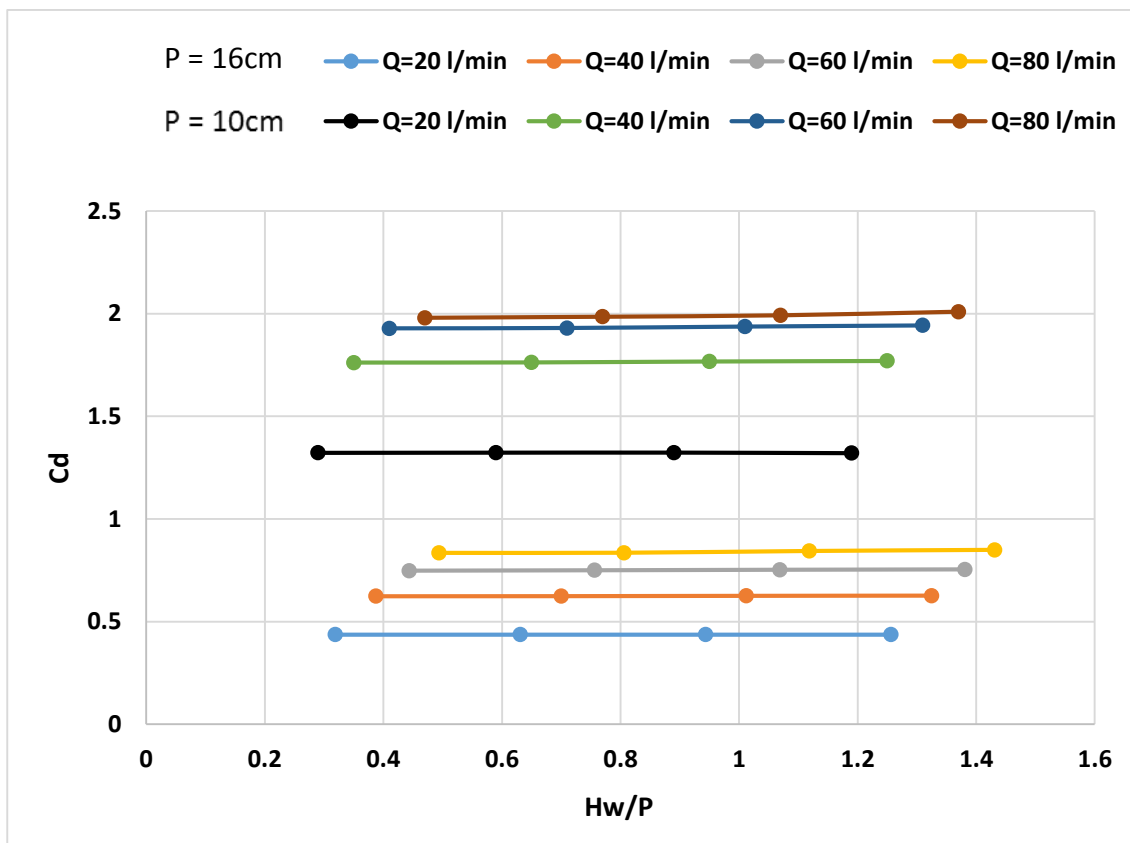
شکل‌های (۳۵-۴) و (۳۶-۴) تغییرات سرعت را به ترتیب در حضور رسوبات با قطر متوسط ۱/۷ میلی‌متر و ۳/۲ میلی‌متر در مقابل نسبت H_w/P ، در دو سرریز مختلف نشان می‌دهد. نسبت H_w/P بیانگر تغییرات ارتفاع رسوب ته‌نشین شده پشت هر سرریز نسبت به ارتفاع همان سرریز است. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد، در همه‌ی دبی‌ها و با وجود هر دو نوع رسوب، سرعت جریان آب عبوری در حضور سرریز با ارتفاع ۱۶ سانتی‌متر بیشتر از سرعت آب در سرریز ۱۰ سانتی‌متری است که این تفاوت سرعت در حالتی که رسوب درون فلوم نیست هم وجود دارد.

۳-۳-۲-۴- آنالیز ابعادی

در این بخش از روابطی که با استفاده از آنالیز ابعادی به‌دست آمد استفاده شده و دو سرریز با هم مقایسه می‌گردند.



شکل ۴-۳۷- تغییرات ضریب دبی نسبت به H_w/P با رسوب $D_{50} = 1.7mm$

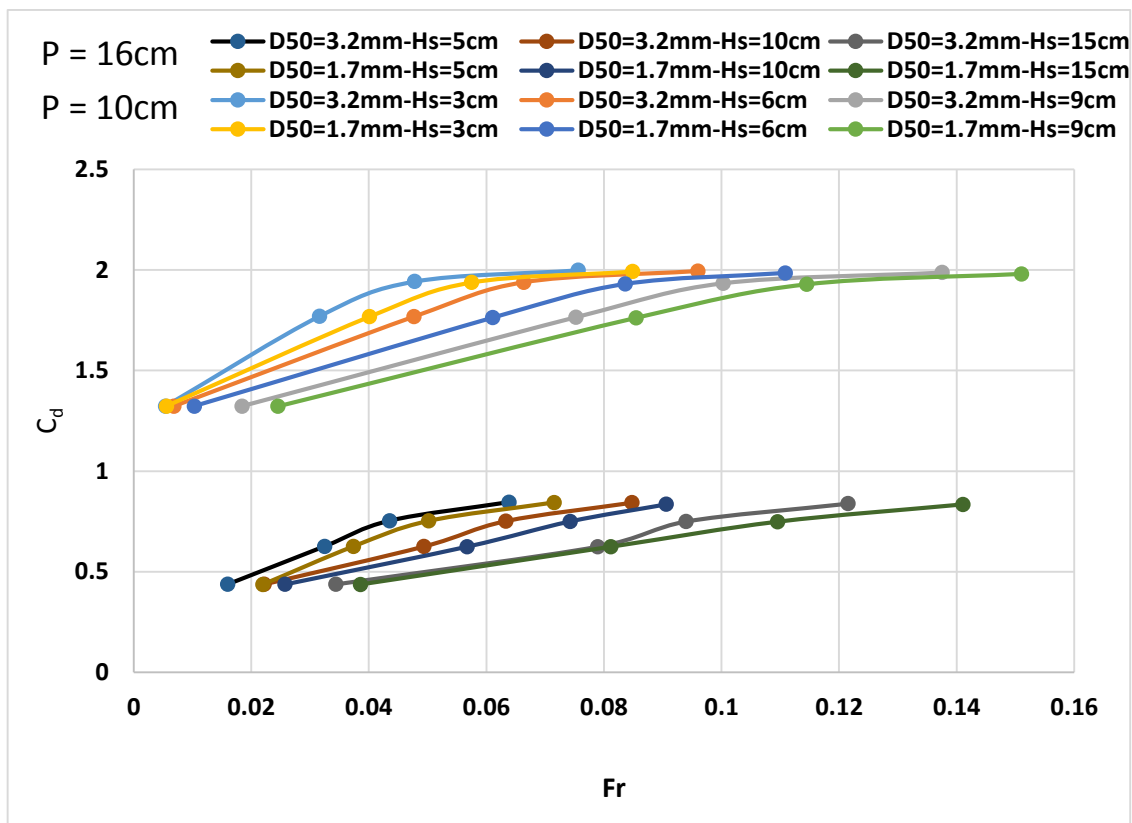


شکل ۴-۳۸- تغییرات ضریب دبی نسبت به H_w/P با رسوب $D_{50} = 3.2\text{mm}$

همان طور که در شکل‌های (۴-۳۷) و (۴-۳۸) مشخص می‌باشد، ضریب تخلیه‌ی سرریز ۱۰ سانتی‌متری، در تمام دبی‌ها و در هر دو نوع رسوب بیشتر از ضریب تخلیه‌ی سرریز ۱۶ سانتی‌متری است. جدول (۴-۱۵) تغییرات ضریب تخلیه را نسبت به پارامترهای دیگر به خوبی نشان می‌دهد.

جدول ۴-۱۵- درصد تغییرات ضریب تخلیه در سرریزهای مختلف

D50(mm)	Q(l/min)	% P	% Hw/P	% D_{50}/H_s	% C_d
1.7	20	+ 37.5	+7.08	- 40	- 66.97
	40	+ 37.5	+7.66	- 40	- 64.59
	60	+ 37.5	+6.40	- 40	- 61.17
	80	+ 37.5	+4.55	- 40	- 57.82
3.2	20	+ 37.5	+7.08	- 40	- 66.96
	40	+ 37.5	+7.66	- 40	- 64.64
	60	+ 37.5	+6.40	- 40	- 61.23
	80	+ 37.5	+4.55	- 40	- 57.75



شکل ۴-۳۹- تغییرات ضریب دبی نسبت به Fr در دو سرریز

همان گونه که در شکل (۴-۳۹) ملاحظه می شود، تغییرات ضریب دبی در این شکل ها نیز این نکته را می رساند که ضرایب دبی سرریز ۱۶ سانتی متری در حالات مختلف آزمایش، کم تر از ضرایب دبی به دست آمده برای سرریز ۱۰ سانتی متری می باشد که درصد کاهش ضرایب دبی با افزایش ارتفاع سرریز در جدول (۴-۱۶) نشان داده شده است.

جدول ۴-۱۶- درصد تغییرات ضریب تخلیه نسبت به تغییرات شرایط جریان

D50(mm)	Hs/P	% P	% Fr	% Cd
1.7	0.3	+ 37.5	+ 33.70	- 62.60
	0.6	+ 37.5	+ 26.16	- 62.66
	0.9	+ 37.5	+ 15.56	- 62.65
3.2	0.3	+ 37.5	+ 34.39	- 62.63
	0.6	+ 37.5	+ 36.33	- 62.64
	0.9	+ 37.5	+ 25.51	- 62.66

۳-۴- روابط رگرسیون خطی و غیر خطی برای برآورد ضریب تخلیه

SPSS معروفترین نرم افزار آماری برای تجزیه و تحلیل داده‌ها به حساب می‌آید. این نرم افزار به واسطه سادگی و پوشش مناسب روش‌های آماری، به یکی از نرم افزارهای آماری پرکاربرد در کشور تبدیل شده است.

در این بخش از تمامی اطلاعات حاصل از آزمایش‌ها و حالات مختلف آزمایش استفاده شده و پارامترهای بی‌بعدی که به دست آمدند، در رگرسیون چند متغیره مورد استفاده قرار گرفتند. روابط حاصل از آنالیز ابعادی که در رگرسیون چند متغیره مورد استفاده قرار گرفت، به صورت زیر می‌باشد:

$$C_d = f \left(Fr, \frac{H_w}{P}, \frac{D_{50}}{H_s}, \frac{P}{L} \right)$$

نتایج رگرسیون خطی و غیرخطی برای سرریزهای مورد استفاده آزمایش و در تمامی حالت‌ها توسط نرم افزار SPSS انجام شده است و روابط خطی و غیر خطی به دست آمده از رگرسیون در ادامه آمده است.

۳-۴-۱- رابطه رگرسیون خطی

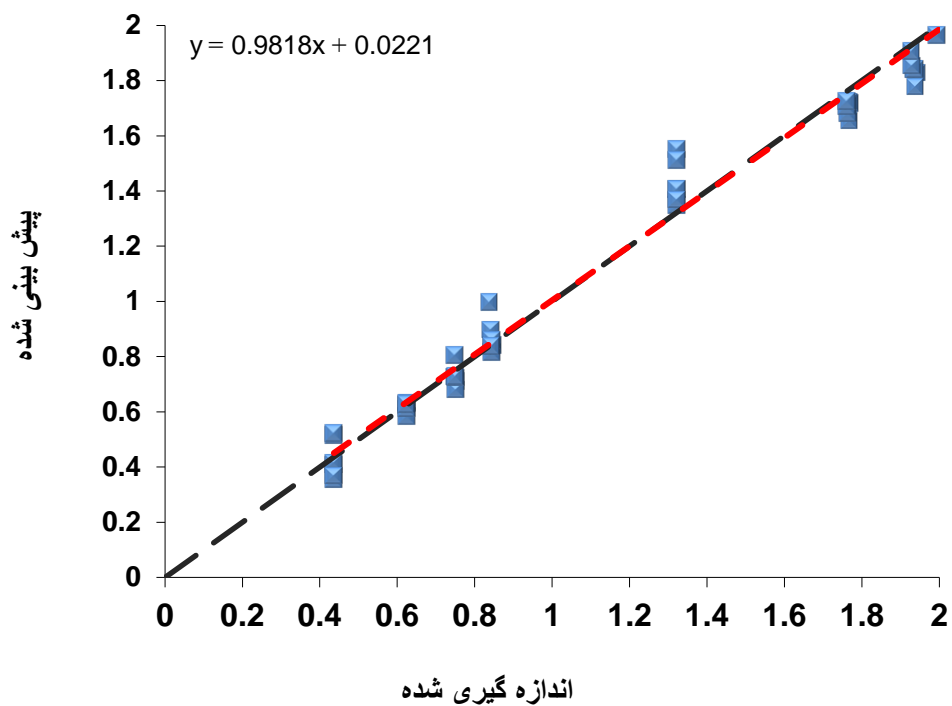
در شکل (۴-۴۰) رابطه بین مقادیر اندازه‌گیری شده و مقادیر پیش‌بینی شده ضریب تخلیه که با استفاده از رابطه خطی (۴-۱) به دست آمد، نشان داده شده است.

$$C_d = 0.812 \frac{D_{50}}{H_s} - 0.363 \frac{H_w}{P} - 1.801 \frac{P}{L} + 5.509 Fr + 2.914 \quad (۴-۱)$$

$$R^2 = 0.98$$

$$MAE = 0.06$$

$$RMSE = 0.079$$



شکل ۴-۴۰- پراکندگی داده‌های آزمایشگاهی و پیش‌بینی‌شده حاصل از رگرسیون خطی

۴-۳-۲- رابطه رگرسیون غیرخطی

رابطه (۴-۲)، رابطه غیرخطی برای پیش‌بینی ضریب تخلیه است که با استفاده از داده‌های

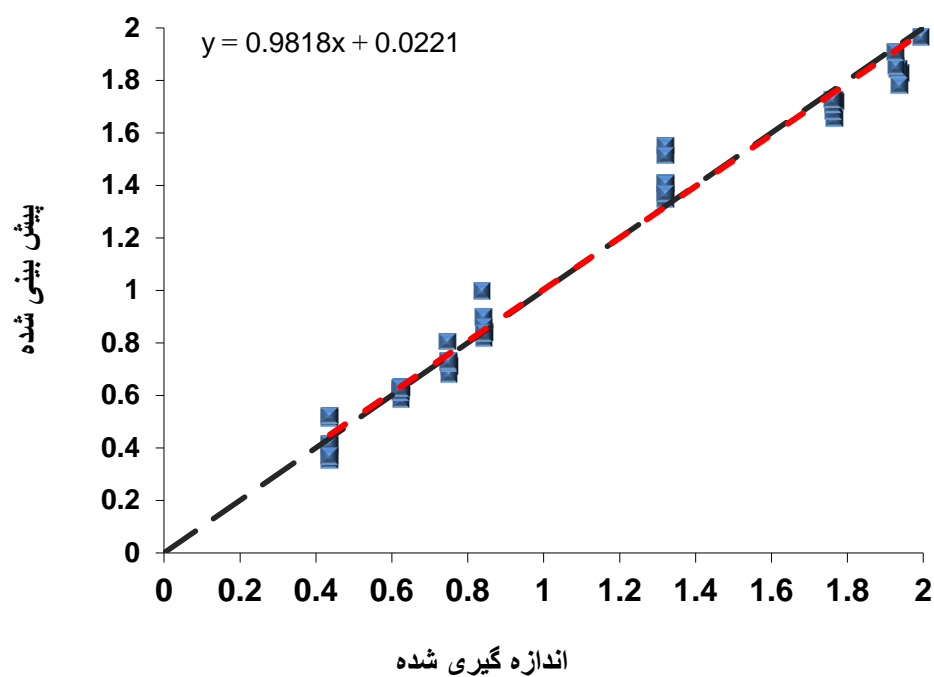
اندازه‌گیری شده نمودار شکل (۴-۴۱) رسم شده است.

$$C_d = 3.531 \left[\left(\frac{D_{50}}{H_s} \right)^{0.038} \left(\frac{H_w}{P} \right)^{0.114} \left(\frac{P}{L} \right)^{-2.055} (Fr)^{0.176} \right] \quad (۲-۴)$$

$$R^2 = 0.99$$

$$MAE = 0.06$$

$$RMSE = 0.071$$



شکل ۴-۴۱- پراکندگی داده‌های آزمایشگاهی و پیش‌بینی‌شده حاصل از رگرسیون غیر خطی

فصل پنجم

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۵-۱- نتایج

مطالعه و بررسی تأثیری که رسوبات روی سازه‌های آبی ساخته شده در مسیر جریان رودخانه‌ها و کانال‌های انتقال آب مانند سرریزهای اوجی، می‌گذارند، امری ضروری است لذا در این پژوهش به بررسی تأثیر رسوبات روی خصوصیات جریان و ضریب تخلیه سرریز اوجی پرداخته شد. به همین منظور در این پژوهش از سرریزهای اوجی ۱۰ و ۱۶ سانتی‌متری و رسوبات ۱/۷ و ۳/۲ میلی‌متری در سه ضخامت در بالادست سرریز، به عنوان مدل آزمایش استفاده شد که با استفاده از داده‌برداری‌های صورت گرفته و تجزیه و تحلیل‌هایی که انجام شد، نتایج زیر به دست آمد.

۱- تراز سطح آب بالادست سرریزها با وجود اضافه شدن رسوب پشت سرریز، هیچ تغییری نمی‌کند و حتی اگر رسوب پشت سرریز به حداکثر میزان یعنی تقریباً به ارتفاعی برابر با ارتفاع سرریز نیز برسد، هیچ تغییری در تراز سطح آب بالادست سرریزها ایجاد نمی‌گردد و هم‌چنین تغییر نوع رسوب نیز تأثیری روی تراز سطح آب بالادست سرریزها ندارد.

۲- در مورد پروفیل سرعت جریان آب که به صورت غیر خطی تغییر می‌کند، اضافه شدن رسوبات به جریان تغییری در نیم‌رخ سرعت آب ایجاد نمی‌کند. هم‌چنین با افزایش ارتفاع رسوبات ته‌نشین شده‌ی بالادست سرریزها، سرعت جریان آب به دلیل کاهش سطح مقطع عبوری جریان، افزایش پیدا کرده و هرچه این افزایش ارتفاع رسوبات بیشتر شود، سرعت جریان نیز بیشتر می‌شود و نیز هرچه قطر رسوبات ته‌نشین شده بیشتر شود، سرعت جریان آب عبور به دلیل افزایش مقاومت بستر کم‌تر خواهد شد. پس با زیاد شدن قطر رسوبات ته‌نشین شده، زبری بستر زیاد شده و سرعت کاهش می‌یابد.

۳- بررسی تأثیر رسوبات ته‌نشین شده روی ضریب تخلیه نشان می‌دهد که با افزایش رسوبات ته‌نشین شده به بالادست سرریز اوجی، هرچه ارتفاع رسوبات ته‌نشین شده افزایش می‌یابد، سرعت جریان به علت کاهش سطح مقطع عبوری جریان بیشتر می‌شود اما ضریب تخلیه با افزایش ارتفاع رسوبات ته‌نشین شده سیر نزولی پیدا کرده و هرچه ارتفاع رسوبات بیشتر

گردد، ضریب دبی نیز کم تر می شود اما هرچه اندازه قطر دانه های رسوب بیشتر گردد، ضریب تخلیه بیشتر می شود.

۴- پس از بررسی تغییرات ایجاد شده در شرایط مختلف آزمایش، مقایسه دو سرریز ۱۶ و ۱۰ سانتی متر با هم نشان داد که هرچه ارتفاع سرریز بیشتر گردد، آب با سرعت بیشتری در فلوم به جریان در آمده و شرایط جریان بحرانی تر می شود و همچنین هرچه ارتفاع سرریز بیشتر می شود، ضریب تخلیه کمتر می گردد.

۵-۲- پیشنهادات

در این بخش پیشنهاداتی در مورد تحقیقاتی که در آینده می توان در زمینه ی موضوع این پژوهش انجام گیرد، ارائه می شود.

۱. بررسی تأثیر رسوبات روی ضریب تخلیه ی انواع دیگری از سرریزها.
۲. بررسی تأثیر رسوبات معلق و ته نشین شده روی خصوصیات جریان انواع مختلف سرریزها.
۳. بررسی تأثیر رسوبات معلق و ته نشین شده روی پایین دست سرریزها.
۴. بررسی تأثیر رسوبات معلق و ته نشین شده روی خصوصیات پایین دست و بالادست دریچه ها.
۵. بررسی تأثیر رسوبات معلق و ته نشین شده روی ضریب تخلیه ی دریچه ها.
۶. بررسی تأثیر بالا آمدن یا پایین رفتن بستر بالادست و یا پایین دست سرریزها و دریچه ها.

منابع

- ۱- احمدی زنانی م، (۱۳۸۰). "سدهای کشور، مدیریت، رسوب و رسوبزدایی"، سمینار کارشناسی ارشد، تاسیسات آبیاری، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۲- ایوبزاده ع. و گوهری س. و محمدولی سامانی ج، (۱۳۸۳)، "تأثیر بار معلق بر ضریب شدت جریان سرری جانبی در کانال مستطیلی"، مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، جلد ۷، شماره ۲۶، بهار ۱۳۸۵.
- ۳- بهرامی یاراحمدی م. و شفاعی بجستان م، (۱۳۸۹)، "بررسی آزمایشگاهی اثر شکل ذرات رسوبی بستر بر ضریب زبری مانینگ"، نشریه آب و خاک، جلد ۲۵، شماره ۱، اردیبهشت ۱۳۹۰.
- ۴- بهمنی م. و کمان بدست ا.ع. و آقامجیدی ر. و گودرزیان ع، (۱۳۹۲)، "اثر زبری سطح بر روی ضریب تخلیه سرریزهای اوجی با استفاده از مدل فیزیکی"، کنفرانس بین‌المللی مهندسی عمران، تبریز.
- ۵- بیرامی م.ک، (۱۳۹۰)، "سازه‌های انتقال آب"، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، چاپ نهم، ص ۱۳۸-۱۵۰.
- ۶- حسینی م. و ابریشمی ج، (۱۳۹۰)، "هیدرولیک کانال‌های باز"، انتشارات دانشگاه امام رضا، چاپ بیست و هفتم، ص ۳۷۶-۳۵۵.
- ۷- شفاعی بجستان م، (۱۳۸۷)، "اصول نظری و عملی هیدرولیک انتقال رسوب"، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ص ۴۶۰-۴۸۰.
- ۸- دستورانی م. و نصرآبادی م، (۱۳۹۱)، "اثر ته‌نشینی رسوبات در پشت سرریز اوجی بر شرایط جریان"، مجله پژوهش آب ایران. شماره ۱۰، تابستان ۱۳۹۱.
- ۹- دیزجی د. و محمودخانی ا.م، (۱۳۸۸)، "بررسی تجربی تأثیر رسوبات بر ضریب تخلیه در سرریزهای مثلثی، مستطیلی، اوجی و روگذر"، مجله علمی پژوهشی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال سوم، شماره ۸، پاییز ۱۳۸۸.
- ۱۰- عابری فروتن ش، (۱۳۸۲)، "بررسی آزمایشگاهی تأثیر بار معلق بر روی سرریز لبه تیز مستطیلی و دریچه کشویی"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، تاسیسات آبیاری، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۱۱- محمودیان شوشتری م. (۱۳۸۷)، "اصول جریان در مجاری باز"، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، چاپ اول، جلد دوم، ص ۱۹۰-۲۱۵.
- ۱۲- نظریان س. و مجدزاده طباطبایی م.ر، (۱۳۹۴)، "اثر افزایش قطر دانه‌بندی بر زبری ذره و زبری فرم بستر در

رودخانه‌های ماسه‌ای"، کنفرانس و نمایشگاه مهندسی آب، مرکز همایش‌های بین‌المللی شهید بهشتی، اردیبهشت ۱۳۹۴.

13- Arvanaghi H. and Nasehi Oskuei N, (2013), "Sharp-Crested Weir Discharge Coefficient", Journal of Civil Engineering and Urbanism. Vol 3, P 87-91.

14- Anderson R. Tullis B, (2011), "Comparison of piano key and rectangular labyrinth weir hydraulics", Journal of Hydraulic Engineering, Vol 138, No 4 , P 358-361.

15- Boiten W, (2002), "Environmental Research Instruments, Venturi gate, adjustable gate for discharge measurement and fish migration", vol 13, P 203-207.

16- Chanson H, (2004), "Hydraulics of open channel flow", Second edition. Elsevier Ltd. The university of queensland, Australia, 650 pages.

17- Chong H, (1991), "Discharge coefficient of lateral diversion from trapezoidal channel", Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Vol117, No 4, P 461-475.

18- Chow V.T, (1959), "Open Channel Hydraulics", MC Graw Hill Book Company Inc, New York, P 245-274.

19- Clemmens A.J, (2001), "Water measurement with flumes and weirs", International Institute for Land Reclamation, No 57, P 138-164.

20- Coleman N.L, (1986), "Effects of suspended sediment on the open channel velocity distribution", Journal of Hydraulic Research, Vol 22, No.10, P 1377-1384.

21- Coleman N.L, (1980), "Velocity profiles with suspended sediment", Journal of Hydraulic Research, Vol 19, No.3, P 211-228.

22- Emiroglu M.E. Kaya N. and Agaccioglu H, (2010), "Discharge capacity of labyrinth side-weir located on a straight channel", Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Vol 136, No1, P 37-46.

23- Ferro V, (2000), "Simultaneous Flow over and under gate", Journal Irrigation and Drainage Engineering, Vol 126, No 3, P 190-193.

24-Ghodsian M, (1998)," Viscosity and surface tension effects on rectangular weir flow", Iran University of Science & Technology, Vol 9, No.4, P 111-117.

25- Gill M.A, (1983), "Flow measurement by triangular broad crested weir", Jurnal of Water Power & Dam Construction, P 47-49.

26- Herchy R, (2000), "General purpose flow measurement equations for flumes and thin plate weirs, UK, vol 6, P 283-293.

- 27- Kabiri Samani A. and Javaheri A, (2012), "Discharge coefficients for free and submerged flow over Piano Key weirs". *Journal of Hydraulic Research*, Vol 50, No 1, P 114-120.
- 28- Kilpatrick F.A. and Schneider W.R, (1973), "Use of flumes in measuring discharge", Book 3, chapter A14, United States Geological Survey.
- 29- Kumar S. Ahmad Z. and Mansoor T, (2011). "A new approach to improve the discharging capacity of sharp-crested triangular plan form weirs", *Flow Measurement and Instrumentation*, Vol 22, P 175-180.
- 30- Kumar S. Ahmad Z. Mansoor T. and Himanshu S. K, (2012), "Discharge Characteristics of Sharp Crested Weir of Curved Plan-form", *Res. J. Engineering Sci.* Vol. 1, P 16-20.
- 31- Martinez J. Reza M. Morillas M.T. and Lopez J.G, (2006), "Design and calibration of compound sharp-crested weir", *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, Vol 131, No 2, P 112-116.
- 32- Masoudian M. Gharahgezlou M. Haber B, (2011), "The Impact of Hydraulic and Geometric Parameters on the Cylindrical Gate Discharge Coefficient", *Journal of Innova Science*, Vol 4, No 7, P 61-72.
- 33- Machiels O. Erpicum S. Dewals B.J. Archambeau P. and Pirotton M, (2011), "Experimental observation of flow characteristics over a Piano Key Weir", *Journal of Hydraulic Research*, Vol 49, No 3, P 359-366.
- 34- Naderi V. Sadeghi Nasrabadi M. and Arvanaghi H, (2014), "Effect of Height of Sharp-Crested Weir on Discharge Coefficient", *International Journal of Basic Sciences & Applied Research*. Vol 3 , P 325-330.
- 35- Ramamurthy A.S. Qu J. Zhai C, (2007), "Multisite weir characteristics", *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, Vo 133, P 198-200.
- 36- Ranga Raju K.G, Asawa G.L, (1977), "Viscosity and surface tension effects on weir flow", *Journal of Hydraulic Division*, 1977, P 1227-1231.
- 37- Shames I.H, (1988), "Mechanics of fluids", 2nd edition, MC Graw Hill Book Company Inc, New York, P 296-342.
- 38- Stewart B.A. and Howell T.A, (2003), "Encyclopedia of water science", P 120-122 & 307-309.
- 39- Swamee P.K, (1988), "Generalized rectangular weir equations", *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol 114, No.8, 1981, P 945-949.

40- Swamee P.K, (1991), "Sluice gate discharge equations", Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Vol 8, No.1, 1992, P 56-60.

41- Swamee P.K, Kumar S, (1997), "Discharge equation for rectangular slots", Journal of Hydraulic Engineering, Vol 124, No.9, 1998, P 973-974.

42- Tiwari H. and Sharma N, (2015), "Developments to improve hydraulic competence of spillways", Aquatic Procedia, Vol 4, P 841-846.

43- Van E.E, Hessel R, Liu B, trouwborst K, (2003), "Discharge and sediment measurements at the outlet of a watershed on the Loess plateau of China, CATENA, Vol 50, P 117-130.

Abstract

Ogee spillways in the dams, rivers and water canals are use to control, transfer and measurement of water. Using Ogee spillways has increased duo to Hydraulic efficiency of the spillways. One of the main problems in irrigation lattice and in the event of flooding is entering rivers sedimentations into water canals, dams' reservoirs and spillways upstream. In this research, our goal is laboratory investigate of effect that deposited sediments in the upstream of Ogee spillways, influence on the flow properties especially discharge coefficient. The research is done on two spillways with height of 10 and 16 CM. In order to model deposits, two types deposit of average diameter 1/7 and 3/2 MM were used and each of the sediments were built in three different heights of spillways upstream and the exchange of different discharge of depth, speed variations and the discharge coefficient measurements was measured. The research showed that in both the existence of varying sizes and sediment in varying heights, had no effect on the level of the water, but water speed increased due to increasing thickness of apron sediments. The discharge coefficient increased with increasing the flow rate so that the flow shifted to the critical and super critical, discharge coefficient increased. Also, by increasing the diameter, the discharge coefficient increased but by increasing sediments height, the discharge coefficient decreased and the discharge coefficient of heights and the same size of sediments decreased by increasing the height of spillways.

Keywords: OgeeSpillway, Sediment, Water level, Water velocity, Discharge coefficient



Shahrood University of Technology

faculty of Agriculture

M.Sc. Thesis in Water Structures Engineering

Experimental investigation of sedimentation on the coefficient of discharge
of Ogee spillway

Mostafa Sadatnezhad

Supervisors:

Dr. Samad Emamgholizadeh

Advisor:

Dr. Khalil Azhdari

February 2017