**دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان**

دانشکده مهندسی زراعی

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی منابع آب

# بررسی آزمایشگاهی رسوبشویی تحت فشار در سدهای مخزنی

پژوهش و نگارش:

**محمد ابراهیم مشکاتی شهمیرزادی**

استاد راهنما :

**دکتر امیر احمد دهقانی**

اساتید مشاور:

**دکتر ابوالفضل مساعدی**

**دکتر صمد امامقلی‌زاده**

تقدیم به پدرم،

به پاس از خود گذشتن هایش در راه علم و هنر

تقدیر و تشکر

**هر آنکه مرا علم آموخت به حقیقت مرا بنده خویش ساخته است. (حضرت علی علیه‌السلام)**

این پایان نامه آماده نمی‌گردید مگر با لطف و رحمت پروردگار، تلاش و زحمات بی دریغ اساتید و صبوری و تشویق خانواده مهربانم. تقدیر ویژه من معطوف تمامی پرسنل دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و تمامی کسانی که به معنای واقعی به اینجانب الطاف لازم را مبذول داشتند. اجازه می خواهم بهترین قدردانی و سپاس خویش را از استاد راهنمای عزیز، دکتر امیر احمد دهقانی داشته باشم که تلاش بی وقفه ای در راهنمایی و پشتیبانی اینجانب داشته‌اند و بهره گیری از دانش ایشان افتخاری ابدی در مسیر علمی اینجانب است.

همچنین از استاتید مشاور بزرگوارم جناب آقای دکتر ابولفضل مساعدی و دکتر صمد امامقلی زاده که در طول انجام این پژوهش همواره بنده را یاری نمودند، صمیمانه قدردانی می‌نمایم. در انتها و در اصل ابتدا، تقدیر و تشکر قلبی خود را به خانواده مهربانم و همسر عزیزم اعلام می‌دارم، که بدون حمایت های همه جانبه ایشان، این رساله را نه آغازی می‌بود و نه پایانی .

محمد ابراهیم مشکاتی شهمیرزادی

بهار ۱۳۸۹

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
Faculty of Agricultural Engineering

Submitted as a partial fulfillment of requirements fro degree of M.Sc. in Water Resources Engineering

Subject:

# Experimental Investigation of Pressurized Flushing in Reservoirs Storage

By:
Mohammad Ebrahim Meshkati Shahmirzadi

Supervisor:
Dr. Amir Ahmad Dehghani

Spring 2010

**خلاصه**

یکی از مشکلات جدی سدهای مخزنی، کم شدن حجم آن‌ها در اثر رسوبگذاری می‌باشد. روش‌های متفاوتی برای کنترل فرسایش و رسوبگذاری، شامل مدیریت حوضه آبریز، رسوبشویی هیدرولیکی، عبوردهی جریان غلیظ و لایروبی وجود دارد. یکی از مؤثرترین این روش‌ها رسوبشویی هیدرولیکی تحت فشار می‌باشد که در آن رسوب‌های نهشته شده در پشت سد به کمک جریان خروجی از دریچه-های تحتانی خارج می‌گردند. در این پایان نامه به بررسی آزمایشگاهی رسوبشویی تحت فشار و اثر تغییرات سطح مقطع بر روی حجم و ابعاد حفره آبشستگی پرداخته شده‌است. به منظور رسیدن به اهداف این تحقیق، مدل آزمایشگاهی رسوبشویی تحت فشار در آزمایشگاه هیدرولیک گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان ساخته شد. آزمایش‌ها بر روی چهار دریچه باقطر-های ۲/۵۴، ۳/۸۲، ۵/۰۸ و ۷/۶۲ سانتی‌متر، سه ارتفاع آب ۳۶، ۶۶ و ۹۶ سانتی‌متر روی هر دریچه و حداقل ۵ دبی تخلیه برای هر ارتفاع انجام گرفت. نتایج نشان داد، سطح مقطع دریچه تحتانی پارامتر مهمی در پدیده رسوبشویی هیدرولیکی می‌باشد و با افزایش قطر دریچه تحتانی، ابعاد حفره آبشستگی نیز افزایش می‌یابد. براساس داده‌های آزمایشگاهی روابط بدون بعدی برای تخمین پارامترهای حفره رسوبشویی بدست آمد. این روابط دارای ضریب همبستگی با حدود اطمینان بیش از ۹۹٪ بوده و تخمین بسیار خوبی را ارائه می‌کند. تحقیقات اولیه نشان داد، انتخاب دریچه با سطح مقطع بزرگتر گزینه مناسبی برای نجات آبگیر نیروگاه خواهد بود. لیکن تحقیق در زمینه بازده(کارآمدی) رسوبشویی هیدرولیکی تحت فشار نشان داد، دریچه با سطح مقطع کوچکتر، کارآمدی بیشتری نسبت به دیگر دریچه‌ها دارد، که در آن با کمترین مقدار آب، بیشترین حجم رسوب خارج می‌گردد. در نتیجه دریچه-هایی با سطح مقطع کوچکتر، بهترین گزینه برای طراحی تخلیه کننده تحتانی در مناطقی که از محدودیت منابع آب رنج می‌برند، می‌باشد. زیرا در این چنین مناطقی، تخمین اینکه چه مقدار رسوب از سد خارج می‌شود و چه مقدار آب برای رسوبشویی نیاز می‌باشد، بسیار حیاتی است. در نتیجه انتخاب بهترین دریچه تخلیه می‌بایست از طریق بهینه سازی بین دو قید اساسی باشد، نجات آبگیرهای نیروگاه و محدودیت منابع آب.

**Abstract**

The loss of storage capacity with reservoir sedimentation is one of the most serious problems of dams. Several methods have been proposed to control sedimentation process. These may include catchment's management, flushing, sluicing, density current venting and dredging. One of the most effective techniques is pressure flushing through which the deposited sediment is hydraulically removed by the flow. This thesis deals experimentally with pressure flushing phenomena and investigation about the effect of bottom outlet cross section on volume and dimensions of flushing cone. Estimation of sediment volume removed or volume of flushing cone in this technique is important for designing bottom outlet gates, in which the optimum and the best bottom outlet can be designed with respect to the cross section.

Dimensions of flushing cone are also effective on rescue of power plant intakes. The experiments were conducted at the hydraulic laboratory of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources in Iran The experiments were conducted with 4 different outlet diameters, three water depth above the center of bottom outlet i.e. 36, 66, 96 cm and at least 5 different discharges for each water depth. The results show that $A_{Outlet}$ is the main parameter affection the flushing cone dimensions and with increase of diameter of bottom outlet, the dimensions of flushing cone (volume, length and width) were increased. Based upon experimental data, dimensionless equations for prediction of flushing cone parameters are presented. These equations have high correlation coefficient and presented a good estimation for that. The researches showed that the bigger outlet will be the best option to rescue the power plant intakes. But investigation about efficiency of flushing operation indicated that the smaller outlets have greatest efficiency among the other outlets, in which, with the least amount of water, the greatest volume of sediment was removed from reservoir storage. As the result, smaller outlets will be the optimum selection for that region, suffered from water resources limitation. Because of that, in such regions, it can be vital to assess how much of the sediment can be removed, and how much flushing water is required. In conclusion, designing the bottom outlet must be through an optimization between two main points, first rescuing the power plant intakes, and second water resources limitation.

**فهرست مطالب**


| عنوان | شماره صفحه |
| --- | --- |
| مقدمه و کلیات | ۱ |
| ۱-۱ کلیات | ۲ |
| ۱-۲ رسوبشویی هیدرولیکی | ۴ |
| ۱-۲-۱ رسوبشویی هیدرولیکی آزاد | ۴ |
| ۱-۲-۲ رسوبشویی هیدرولیکی تحت فشار | ۷ |
| ۱-۳ فرضیات و اهداف | ۹ |
| ۱-۳-۱ فرضیات | ۹ |
| ۱-۳-۲ ساختار پایان نامه | ۱۰ |
| مروری بر منابع | ۱۱ |
| ۲- مروری بر مطالعات انجام شده | ۱۲ |
| ۲-۱ کار آمدی رسوبشویی هیدرولیکی | ۱۲ |
| ۲-۲ تکنیک رسوبشویی هیدرولیکی تحت فشار | ۱۴ |
| ۲-۳ مطالعات آزمایشگاهی | ۱۶ |
| ۲-۳-۱ مطالعات امامقلیزاده | ۱۶ |
| ۲-۳-۲ مطالعات اسچورلین | ۱۹ |
| ۲-۳-۳ مطالعات فانگ و کائو | ۲۱ |
| ۲-۳-٤ مطالعات لای و شن | ۲۲ |
| ۲-۳-۵ مطالعات شن و همکاران | ۲۵ |
| ۲-۳-٦ مطالعات دی‌سیلویو | ۲۷ |
| ۲-٤ مطالعات عددی | ۲۸ |

| عنوان | شماره صفحه |
|---|---|
| ۲-٤-۱ مطالعات وایت و بتس | ۲۸ |
| ۲-۴-۲ مطالعات قریشی نجف آبادی | ۲۹ |
| ۲-۵ استفاده کاربردی از رسوبشویی تحت فشار در سد مخزنی دز | ۳۱ |
| ۲-۵-۱ تاریخچه رسوبشویی انجام شده در سد دز | ۳۳ |
| ۲-٦ جمع بندی | ۳۴ |
| مواد و روش ها | ۳۵ |
| ۳-۱ مدل آزمایشگاهی | ۳۶ |
| ۳-۱-۱ سیستم تأمین آب و پمپ | ۴۰ |
| ۳-۱-۲ مخزن اصلی | ۴۱ |
| ۳-۱-۳ حوضچه ته‌نشینی رسوبات | ۴۱ |
| ۳-۱-۴ اندازه‌گیری دبی | ۴۳ |
| ۳-۱-۵ اندازه گیری رقوم سطح رسوب | ۴۳ |
| ۳-۱-۶ رسوبات بستر | ۴۴ |
| ۳-۲ روش انجام آزمایشات | ۴۵ |
| ۳-۲-۱ نحوه آماده سازی و ریختن رسوبات در داخل مدل | ۴۵ |
| ۳-۲-۲ نحوه انجام آزمایشات | ۴۵ |
| ۳-۲-۳ محاسبات مربوط به انتخاب زمان تعادل آزمایشات | ۴۶ |
| ۳-۲-۴ اندازه‌گیری حجم مخروط رسوبشویی | ۴۷ |
| ۳-۲-۵ تعداد آزمایشات | ۴۷ |
| ۳-۳ آنالیز ابعادی | ۴۸ |
| نتایج و بحث | ۵۱ |

**عنوان** **شماره صفحه**


۴-۱ نتایج حاصل از مشاهدات هیدرولیکی پدیده رسوبشویی ۵۲
۴-۲- نتایج حاصل از اندازه‌گیری ۵۷
۴-۳ تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از انجام آزمایشات ۶۳
۴-۳-۱ بررسی تأثیر دبی خروجی از تخلیه‌کننده تحتانی ۶۳
۴-۳-۱-۱ نتیجه گیری حاصل از بررسی تغییر دبی خروجی ۷۱
۴-۳-۲ بررسی تاثیر ارتفاع آب مخزن در میزان تخلیه رسوبات ۷۲
۴-۳-۲-۱ نتیجه گیری حاصل از بررسی تاثیر ارتفاع آب ۸۰
۴-۳-۳ بررسی تاثیر سطح مقطع دریچه تحتانی در میزان تخلیه رسوبات ۸۱
۴-۳-۳-۱ نتیجه گیری حاصل از بررسی تغییر دبی خروجی ۸۷
٤-٤ بررسی ارتباط بین حجم مخروط آبشستگی و پارامترهای موثر بر آن ۹۰
۴-۵ ارائه رابطه بدون بعد ۹۷
۴-۶ راندمان رسوبشویی تحت فشار ۱۰۰
۴-۷ آنالیز حساسیت ۱۰۴
پیشنهادات ۱۰۵
۵-۱ ارائه پیشنهادات ۱۰۶
فهرست منابع ۱۱۰

## فهرست جداول


| عنوان | شماره صفحه |
| --- | --- |
| ۲-۱ سدهایی که دارای رسوبشویی هیدرولیکی موفقیت آمیز بودند | ۱۳ |
| ۳-۱ پارامترهای اصلی آزمایش و دامنه تغییرات آن | ۴۸ |
| ۳-۲ تعداد آزمایشات برای هر دریچه و اطلاعات مربوط به هر آزمایش | ۴۸ |
| ۳-۳ محدوده تغییرات پارامترهای بی بعد موثر در آزمایش‌ها | ۵۰ |
| ۴-۱ نتایج حاصل از اندازه‌گیری با استفاده از دریچه اول | ۵۹ |
| ۴-۲ نتایج حاصل از اندازه‌گیری با استفاده از دریچه دوم | ۶۰ |
| ۴-۳ نتایج حاصل از اندازه‌گیری با استفاده از دریچه سوم | ۶۱ |
| ۴-۴ نتایج حاصل از اندازه‌گیری با استفاده از دریچه چهارم | ۶۲ |
| ٤-٥ تجزیه و تحلیل های آماری روابط ارائه شده | ۱۰۰ |
| ۴-۶ راندمان رسوبشویی تحت فشار در حالت مانور کامل | ۱۰۱ |

## فهرست اشکال و نمودارها


| عنوان | شماره صفحه |
|---|---|
| ۱-۱ شمایی از مقطع عرضی و پلان را در رسوبشویی آزاد | ۵ |
| ۱-۲ شمایی از شرایط جریان رودخانه ای بعد از عملیات فلاشینگ آزاد | ۶ |
| ۱-۳ شمایی از حفره تشکیل شونده در رسوبشویی تحت فشار | ۷ |
| ۱-٤ عملیات رسوبشویی هیدرولیکی تحت فشار در سد جیرفت | ۸ |
| ۲-۱ شمایی از حفره تشکیل شونده در رسوبشویی تحت فشار | ۱۴ |
| ۲-۲ نمائی از حفره رسوبشویی ایجاد شده در مدل فیزیکی سد جبیدم سوئیس | ۱۶ |
| ۲-۳ نمای پلان و جانبی مدل مورد استفاده در دانشگاه شهید چمران اهواز | ۱۷ |
| ۲-۴ نمای سه بعدی از حفره رسوبشویی در حالت رسوبشویی تحت فشار | ۲۰ |
| ۲-۵ سد زیپینگپو واقع بر روی رودخانه مینجیانگ در کشور چین | ۲۱ |
| ۲-۶ نمایی از مدل مورد استفاده در مطالعات لای و شن | ۲۳ |
| ۲-۷ رابطه بین جریان رسوبات خروجی از تخلیه کننده | ۲۵ |
| ۲-۸ شمایی از حفره رسوبشویی تشکیل شده درجلوی تخلیه کننده | ۲۶ |
| ۲-۹ فاصله تقریبی آبشستگی در جلوی تخلیه کننده تحتانی در رسوبشویی تحت | ۲۹ |
| ۲-۱۰ مقایسه تغییرات توپوگرافی ایجاد شده برروی بستر رسوب | ۳۰ |
| ۲-۱۱ پروفیل طولی مخزن سد دز | ۳۱ |
| ۲-۱۲ تخلیه رسوبات از طریق دریچه‌های آبیاری در سد دز | ۳۲ |
| ۳- ۱ مراحل ساخت مدل آزمایشگاهی | ۳۸ |
| ۳-۲ تصویری از مدل ساخته شده رسوبشویی تحت فشار در آزمایشگاه هیدرولیک | ۳۹ |
| ۳- ۳ پلان کل مدل آزمایشگاهی | ۳۹ |

**عنوان** **شماره صفحه**


۳-۴ دو دریچه مشبک آرام کننده به همراه سرریز در حوضچه ته نشینی ۴۱

۳-۵ سرریز ۹۰ درجه در انتهای حوضچه ته نشینی ۴۲

۳-٦ ارتفاع سنج دیجیتالی با قابلیت جابه‌جائی ۴۳

۳-۷ منحنی دانه‌بندی مصالح رسوبی بستر ۴۴

۳-۸ روند تغییرات عمق حد اکثر آبشستگی را نسبت به زمان ۴۷

۳-۹ مخروط رسوبشویی به شکل یک قیف در مجاورت تخلیه‌کننده‌ها ۴۸

٤-۱ نمونه‌ای از مخروط رسوبشویی تشکیل شده در جلوی دریچه ۵۳

٤-۲ نمونه‌ای از مخروط رسوبشویی تشکیل شده در جلوی دریچه تخلیه ۵۴

٤-۳ قرار گیری دوربین به منظور بررسی کیفی ابعاد حفره آبشستگی ۵۴

٤-٤ گسترش زمانی ابعاد مخروط آبشستگی ۵۶

۴-۵ نمای سه بعدی حفره رسوبشویی و خطوط تراز ازتفاعی روی آن ۵۷

۴-۶ معرفی پارامترهای بکار برده شده ۵۸

۴-۷ تغییرات حجم مخروط رسوبشویی بر حسب دبی خروجی، دریچه اول ۶۴

۴-۸ تغییرات طول مخروط رسوبشویی بر حسب دبی خروجی، دریچه اول ۶۴

۴-۹ تغییرات عرض مخروط رسوبشویی برحسب دبی خروجی ، دریچه اول ۶۵

۴-۱۰ تغییرات حجم مخروط رسوبشویی بر حسب دبی خروجی، دریچه دوم ۶۶

۴-۱۱ تغییرات طول مخروط رسوبشویی بر حسب دبی خروجی، دریچه دوم ۶۶

۴-۱۲ تغییرات عرض مخروط رسوبشویی برحسب دبی خروجی ، دریچه دوم ۶۷

۴-۱۳ تغییرات حجم مخروط رسوبشویی بر حسب دبی خروجی، دریچه سوم ۶۸

۴-۱۴ تغییرات طول مخروط رسوبشویی بر حسب دبی خروجی، دریچه سوم ۶۸

**عنوان** **شماره صفحه**


۴-۱۵ تغییرات عرض مخروط رسوبشویی برحسب دبی خروجی ، دریچه سوم ۶۹
۴-۱۶ تغییرات حجم مخروط رسوبشویی بر حسب دبی خروجی، دریچه چهارم ۷۰
۴-۱۷ تغییرات طول مخروط رسوبشویی بر حسب دبی خروجی، دریچه چهارم ۷۰
۴-۱۸ تغییرات عرض مخروط رسوبشویی برحسب دبی خروجی ، دریچه چهارم ۷۱
۴-۱۹ تغییرات حجم مخروط رسوبشویی بر حسب ارتفاع آب مخزن، دریچه اول ۷۳
۴-۲۰ تغییرات طول مخروط رسوبشویی بر حسب ارتفاع آب مخزن، دریچه اول ۷۳
۴-۲۱ تغییرات عرض مخروط رسوبشویی بر حسب ارتفاع آب مخزن، دریچه اول ۷۴
۴-۲۲ تغییرات حجم مخروط رسوبشویی بر حسب ارتفاع آب مخزن، دریچه دوم ۷۵
۴-۲۳ تغییرات طول مخروط رسوبشویی بر حسب ارتفاع آب مخزن، دریچه دوم ۷۵
۴-۲۴ تغییرات عرض مخروط رسوبشویی بر حسب ارتفاع آب مخزن، دریچه دوم ۷۶
۴-۲۵ تغییرات حجم مخروط رسوبشویی بر حسب ارتفاع آب مخزن، دریچه سوم ۷۷
۴-۲۶ تغییرات طول مخروط رسوبشویی بر حسب ارتفاع آب مخزن، دریچه سوم ۷۷
۴-۲۷ تغییرات عرض مخروط رسوبشویی بر حسب ارتفاع آب مخزن، دریچه سوم ۷۸
۴-۲۸ تغییرات حجم مخروط رسوبشویی بر حسب ارتفاع آب مخزن، دریچه چهارم ۷۹
۴-۲۹ تغییرات طول مخروط رسوبشویی بر حسب ارتفاع آب مخزن، دریچه چهارم ۷۹
۴-۳۰ تغییرات عرض مخروط رسوبشویی بر حسب ارتفاع آب مخزن، دریچه چهارم ۸۰
۴-۳۱ تغییرات حجم مخروط رسوبشویی بر حسب دبی، ارتفاع آب ۳۶ سانتی‌متر ۸۲
۴-۳۲ تغییرات طول مخروط رسوبشویی بر حسب دبی، ارتفاع آب ۳۶ سانتی‌متر ۸۲
۴-۳۳ تغییرات عرض مخروط رسوبشویی بر حسب دبی، ارتفاع آب ۳۶ سانتی‌متر ۸۳
۴-۳۴ تغییرات حجم مخروط رسوبشویی بر حسب دبی، ارتفاع آب ۶۶ سانتی‌متر ۸۴

**عنوان** **شماره صفحه**


۴-۳۵ تغییرات طول مخروط رسوبشویی بر حسب دبی، ارتفاع آب ٦٦ سانتی‌متر ۸۴
۴-۳٦ تغییرات عرض مخروط رسوبشویی بر حسب دبی، ارتفاع آب ٦٦ سانتی‌متر ۸۵
۴-۳۷ تغییرات حجم مخروط رسوبشویی بر حسب دبی، ارتفاع آب ۹٦ سانتی‌متر ۸۶
۴-۳۸ تغییرات طول مخروط رسوبشویی بر حسب دبی، ارتفاع آب ۹٦ سانتی‌متر ۸۶
۴-۳۹ تغییرات عرض مخروط رسوبشویی بر حسب دبی، ارتفاع آب ۹٦ سانتی‌متر ۸۷
۴-۴۰ نمای سه بعدی حفره رسوبشویی، دریچه چهارم ۸۸
٤-٤۱ نمای سه بعدی حفره رسوبشویی، دریچه سوم ۸۹
۴-۴۲ نمای سه بعدی حفره رسوبشویی، دریچه دوم ۸۹
۴-۴۳ نمای سه بعدی حفره رسوبشویی، دریچه اول ۹۰
۴-۴۴ تغییرات حجم بی بعد مخروط رسوبشویی بر حسب عدد فرود ، ۳۶ سانتی‌متر ۹۱
٤-٤۵ تغییرات حجم بی بعد مخروط رسوبشویی بر حسب عدد فرود ، ۶۶ سانتی‌متر ۹۲
۴-۴۶ تغییرات حجم بی بعد مخروط رسوبشویی بر حسب عدد فرود ، ۹۶ سانتی‌متر ۹۲
۴-۴۷ تغییرات حجم بی بعد مخروط رسوبشویی بر حسب عدد فرود، دری‌چه اول ۹۴
٤-٤۸ تغییرات حجم بی بعد مخروط رسوبشویی بر حسب عدد فرود، دریچه دوم ۹۵
۴-۴۹ تغییرات حجم بی بعد مخروط رسوبشویی بر حسب عدد فرود، دریچه سوم ۹۵
۴-۵۰ تغییرات حجم بی بعد مخروط رسوبشویی بر حسب عدد فرود، دریچه چهارم ۹۶
٤-۵۱ ت مقایسه مقادیر محاسبه شده پارامتر بی‌بعد حجم و مقادیر اندازه گیری شده ۹۸
۴-۵۲ مقایسه مقادیر محاسبه شده طول حفره آبشستگی و مقادیر اندازه گیری شده ۹۹
۴-۵۳ مقایسه مقادیر محاسبه شده عرض حفره آبشستگی و مقادیر اندازه گیری شده ۹۹
۴-٥٤ راندمان رسوبشویی هیدرولیکی تحت فشار برای ارتفاع آب ۳۶ سانتی‌متر ۱۰۲
۴-۵۵ راندمان رسوبشویی هیدرولیکی تحت فشار برای ارتفاع آب ۶۶ سانتی‌متر ۱۰۲
۴-۵۶ راندمان رسوبشویی هیدرولیکی تحت فشار برای ارتفاع آب ۹۶ سانتی‌متر ۱۰۳

# فصل اوّل

# مقدّمه و کلیات

# فصل اول

## مقدمه و کلیات

### ۱-۱-کلیات

رسوب‌گذاری در سرتاسر جهان با سرعت متوسط ۰/۳ درصد در سال، حجم کل سدهای جهان را کاهش می‌دهد. در مناطقی مانند آسیا این رقم به ۰/۵ تا ۱ درصد نیز می‌رسد (السن و بیسن، ۲۰۰٤). با توجه به سرعت متوسط کاهش حجم مفید مخازن سد، میتوان تخمین زد که سالانه حجمی معادل ٤٥ کیلومتر مکعب از ظرفیت ذخیره سدهای جهان کاهش می‌یابد. هزینه جایگزین کردن حجم از دست رفته بدون در نظر گرفتن هزینه‌های زیست محیطی و همچنین هزینه‌های اجتماعی و فرهنگی ساخت سد جدید، معادل ۱۳ بیلیون دلار آمریکا در هر سال برآورد شده است.(پالیمری،۲۰۰۳).

معضل رسوب‌گذاری همواره به عنوان مهمترین عامل در کوتاه‌کردن عمر مفید سدها مطرح بوده است و سدهای مخزنی زیادی بدلیل پرشدن از رسوب، متروکه شده‌اند. این مشکل به ویژه در مناطق استوایی و نیمه خشک به علت بالا بودن دبی جریان رسوب، مشهودتر است(برانت،۲۰۰۰). اهمیت افزایش عمر مفید سدها و حفظ حجم ذخیره آنها برای تداوم کنترل و بهره برداری از منابع آبهای سطحی، موضوع مهمی در علم مهندسی سدسازی می‌باشد. چرا که ساخت سدهای جدید به جهت آیین نامه‌های سختگیرانه زیست محیطی، هزینه بالای ساخت و عدم وجود مکان‌های مناسب جهت احداث بسیار مشکل می باشد(لای وشن، ۱۹۹٦).

در حال حاضر بیشتر کارهای مدیریتی رسوب، صرفاً بر روی کنترل فرسایش متمرکز شده است. گرچه انجام این فعالیتها لازم و ضروری به نظر می‌رسد، اما این فعالیتها به تنهایی نمی‌تواند برای نیل به

اهدافی همچون حفظ تعادل رسوب و نگهداری دراز مدت حجم ذخیره مخزن کافی باشد. در واقع از بین روشهای مدیریت رسوب، روشی که در برگیرنده تمام استراتژیهای لازم برای حفظ تعادل رسوب در مخزن باشد، کارائی داشته و مورد قبول خواهد بود(موریس، ۱۹۹۵). مدیریت یکپارچه رسوب به مفهوم در نظر گرفتن تمام جوانب مشکلات رسوب و به کاربردن استراتژیهای متناسب با شرایط حاکم بر منطقه مورد نظر است، به گونه‌ای که اقدامات مدیریتی اتخاذ شده جهت حل مشکل رسوب باشد(موریس و فان، ۱۹۹۸).

برای رفع مشکل رسوب‌گذاری از تکنیک‌های مختلفی می‌توان استفاده نمود که بطور خلاصه عبارتند از: عملیات آبخیزداری و حفاظت خاک، عبوردهی جریان غلیظ، رسوبشوئی هیدرولیکی، استفاده از سیستم کنار گذر برای جریانهای غلیظ و دفع رسوبات مخزن بوسیله ادوات مکانیکی مانند لایروبی و سیفون کردن. بکاربردن این روش‌ها مستلزم شناخت کامل از جهت توانایی و محدودیت های این روش‌ها می‌باشد. بطوریکه گاهی اوقات ممکن است بکار بردن این روش‌ها در برخی از مخازن اقتصادی نباشد(آتکینسون، ۱۹۹٦).

در ایران مسئله رسوب‌گذاری در مخازن سدها بسیار حائز اهمیت می‌باشد، چرا که حدود ۷۰ درصد از منابع آب ایران را آبهای سطحی تشکیل می‌دهد و عدم تطابق زمانی بین آبدهی حوزه‌ها و مصارف، وجود مخازن کنترل آب را امری ضروری می‌کند. از طرفی عدم انجام اقدامات مؤثر آبخیزداری باعث شده که فرسایش از حوزه‌های آبریز سدها از حد مجاز خیلی بیشتر باشد( بیش از۱۵ تن در هکتار در سال) و همین امر معضل رسوب‌گذاری در مخازن سدها را تشدید می-کند(میلیمان و مید، ۱۹۸۳). البته این مشکلات کم و بیش در تمامی کشورهای جهان وجود دارد ولی در ایران به علت آب و هوای نیمه خشک، پوشش کم زمین ها و فصلی بودن رودخانه‌ها این مشکلات حادتر می‌باشد و با در نظر گرفتن اینکه سدهای مخزنی سریعاً در حال گسترش می باشند، اهمیت موضوع بیشتر می‌شود. با توجه به اهمیت مسئله، چاره اندیشی به‌موقع در این زمینه همراه با درک آن و کسب آگاهی و مهارت در کاربرد راه حل‌های علاج بخشی غیر قابل اجتناب می‌باشد و غفلت از آن به ویژه در کشورهای خشک و نیمه خشک جهان از جمله ایران، تهدیدی جدی برای زندگی نسل آینده به‌شمار می‌رود.

با توجه به موارد ذکر شده در بالا می‌توان گفت رسوبشویی تحت فشار مخازن ذخیره آب، می تواند یک روش بسیار مناسب برای کاهش رسوبات مخازن و در نتیجه افزایش عمر مفید سدهای ایران

به حساب آید. از این رو مطالعه دقیق این موضوع از اهمیت زیادی برخوردار است. بررسی تئوری فرآیند رسوبشویی تحت فشار به دلایل متعددی مانند پیچیده بودن مکانیزم رسوبشویی، خواص تصادفی حرکت آب و رسوب، سه بعدی بودن الگوی جریان در نزدیکی تخلیه کننده‌های تحتانی و دخیل بودن پارامترهای زیاد در پدیده، مشکل می‌باشد(اسچورلین و همکاران، ۲۰۰٤). بنابراین استفاده از مدل آزمایشگاهی برای مدل کردن رسوبشویی تحت فشار این امکان را میسر خواهد نمود که بتوان این پدیده را بهتر شناخت و مورد بررسی قرار داد. لذا برای شناخت این پدیده و رسیدن به اهداف این تحقیق، از مدل آزمایشگاهی استفاده شده است تا بتوان با مطالعه موضوع یاد شده به نتایج بنیادی و قابل قبولی دست یافت.

### ۱-۲ رسوبشویی هیدرولیکی

روش رسوبشویی هیدرولیکی[1] تکنیک جدیدی نبوده و سابقه استفاده از آن به سالهای دور برمی‌گردد. سوابق تحقیق نشان می‌دهد قدیمی‌ترین روش رسوبشویی که در کشور اسپانیا توسط D'Rohan مورد استفاده قرار گرفت به قرن شانزدهم بر می‌گردد(براون،۱۹٤۳). استفاده از روش رسوبشویی بعنوان روشی مناسب و اقتصادی جهت بازیابی ظرفیت بسیاری از مخازن سدها در سراسر جهان مورد استفاده قرار گرفته است. به طور کلی، در رسوبشویی هیدرولیکی دو نوع عملیات برای خارج کردن رسوبات از مخزن وجود دارد که با توجه به رقوم سطح آب مخزن در حین انجام رسوبشویی نوع عملیات رسوبشویی متفاوت می‌باشد. فان رسوبشویی را به دو دسته اصلی رسوبشویی آزاد و تحت فشار طبقه بندی کرده است(فان، ۱۹۸۵). در ذیل به بررسی هرکدام از این روش‌ها پرداخته خواهد شد.

#### ۱-۲-۱ رسوبشویی هیدرولیکی آزاد

شامل خالی کردن مخزن تا تراز ارتفاعی دریچه‌های رسوبشویی می باشد، به گونه ای که جریان رودخانه ای از آبگیرها عبور کند. به عبارتی دیگر جریان ورودی به مخزن مستقیماً از آن خارج‌گردد.

[1] - Hydraulic Flushing Technique