

کاربرد نرم افزار SHARC در مدیریت رسوب

نویسنده:

علیرضا آبشوری

www.ketab.ir

سرشناسه	: آبشوری، علیرضا، ۱۳۵۷-
عنوان و نام پدیدآور	: کاربرد نرمافزار SHARC در مدیریت رسوب / نویسنده علیرضا آبشوری.
مشخصات نشر	: تهران: ندای کارآفرین، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری	: ۲۰۸ ص.
شابک	: 978-600-7095-64-5
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
موضوع	: رسوب زدایی
موضوع	: رسوب زدایی -- ابزارها و وسایل
موضوع	: آبیاری -- کانالها و نهرها
موضوع	: رسوب - انتقال -- برنامه های کامپیوتری
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۳ ۱۲۲/۳/TC۱۷۵
رده بندی دیسی	: ۶۲۸/۱۶۳۳
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۵۱۳۹۰۸



نام کتاب	: کاربرد نرم افزار SHARC در مدیریت رسوب
نویسنده	: علیرضا آبشوری
طراح جلد	: آرش جهانی
تیراژ	: ۱۰۰۰
نوبت چاپ	: اول ۱۳۹۳
قیمت	: ۱۰۵۰۰ تومان
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۷۰۹۵-۶۴-۵

مرکز پخش: تهران، خیابان انقلاب، خیابان فخررازی، نبش کوچه انوری، پلاک ۲۹

تلفن تماس: ۶۶۴۰۲۷۲۲

WWW.NedayeKarafarin.ir

فهرست مطالب

۱۱	مقدمه
۱۳	پیشگفتار
۱۹	گفتار اول: رسوب و روشهای کنترل آن
۲۱	نیازها، کنترل رسوب
۲۱	ظرفیت حمل رسوب در رودخانه‌ها و کانالها
۲۴	روابط خاصه توان حمل رسوبات
۲۵	رابطه دوی بوی
۲۶	رابطه میر - پیکر مو
۲۶	معادله اصلاح شد میر - پیکر: ولز
۲۸	کالینسک (۱۹۴۷) و ایست (۱۹۵۰)
۳۲	روش انگلوند و هانسن
۳۳	روش توفالتی (۱۹۶۸)
۳۴	روش آیگر - وایت (۱۹۷۳)
۳۵	روش یانگ (۱۹۷۲)
۳۷	روش برونلی (۱۹۸۱)
۳۸	روش فان راین (۱۹۸۴)
۳۹	منابع رسوب
۳۹	الف - بار بستر
۴۰	ب - بار معلق
۴۰	ج - بار آبرفتی (بار شسته)
۴۰	آبگیری از رودخانه
۴۰	انتخاب نقطه آبگیری
۴۲	زاویه انحراف آب
۴۴	رسوبگیری در دهانه‌های آبگیری

۴۷	کنترل ثانویه رسوبات - استخراج رسوبات
۴۹	حوضچه‌های رسوبگیر
۵۰	حوضچه رسوبگیر ایده‌آل
۵۱	فاکتورهای هیدرولیکی مؤثر در طراحی حوضچه
۵۳	حوضچه‌های ترسیب
۵۵	سرعت سقوط ذره
۵۶	روش استوکس
۵۸	روش دیتریچ (۱۹۸۲)
۵۸	نسبت عمق
۶۱	گفتار دوم: معرفی نرم افزار SHARC
۶۳	مقدمه
۶۵	بخش اول - منوی تشخیص مسأله و ارائه گزینه های اولیه
۶۷	اطلاعات کلی
۶۷	اجرای مدل
۷۱	گزینه های اولیه
۷۱	خروج
۷۳	بخش دوم - تخمین اولیه از هزینه های موجود
۷۷	بخش سوم - منوی ابزار طراحی
۸۰	طراحی کانال در حال رژیم
۸۰	گزینه های محاسباتی
۸۱	I - معادلات در حال رژیم
۸۴	II - روش نیروی کششی
۸۵	III - روش منطقی
۸۷	IV - محاسبات با استفاده از فرمول مانینگ
۸۷	V - محاسبات برای سطح مقطع نامنظم
۸۹	VI - روش ضریب آبرفتی

VII - محاسبه غلظت ماسه های حمل شده از رودخانه به کانال.....	۸۹
VIII - محاسبه غلظت سیلت حمل شده از رودخانه به سمت کانال.....	۹۰
باز خوانی اطلاعات باربستر.....	۹۲
رسوبگیرها.....	۹۲
گزینه های محاسباتی.....	۹۴
I - محاسبات ضریب آبرفتی.....	۹۴
- محاسبه ماسه های انتقالی در کانال.....	۹۵
III - محاسبه شیب و عمق کانال.....	۹۶
I - محاسبه اندامان تله اندازی.....	۹۷
V - پیش بینی طول مناسب بین آگیری از رودخانه و رسوبگیر.....	۱۰۳
VI - طراحی بوله دریایی (ور تکس).....	۱۰۸
VII - طراحی طول رسوبگیر.....	۱۱۵
VIII - طراحی کانال فرار.....	۱۲۷
باز خوانی اطلاعات بار بستر.....	۱۲۹
جدول خلاصه.....	۱۲۹
I - ساخت جدول.....	۱۲۹
II - رسم جدول.....	۱۲۹
III - باز خوانی جداول.....	۱۲۹
طراحی حوضچه های رسوبگیر.....	۱۳۰
قرار گیری طرح اولیه.....	۱۳۲
مدل ته نشینی.....	۱۳۷
I - ایجاد/ اصلاح داده های ورودی.....	۱۴۰
II - اجرای مدل.....	۱۴۰
III - ذخیره سازی فایل های نتایج.....	۱۴۲
IV - مشاهده نتایج.....	۱۴۲
V - کپی از فایل شروع مجدد.....	۱۴۶
مدل لایروبی.....	۱۴۶

۱۴۸	I- ایجاد/ اصلاح داده‌های ورودی.....
۱۴۸	II- اجرای مدل
۱۴۸	III- ذخیره سازی فایل‌های نتایج.....
۱۴۸	IV- مشاهده نتایج.....
۱۵۰	V- کپی از فایل شروع مجدد
۱۵۱	طراحی کانال فرار
۱۵۲	مدل آبگیر.....
۱۵۴	باز کردن داده‌ها.....
۱۵۴	داده‌های مدل.....
۱۵۴	آمادگی داده‌های ورودی.....
۱۵۴	I- داده‌های مربوط به رودخانه.....
۱۵۶	II- اطلاعات رسوب.....
۱۵۷	III- جزئیات آبگیر.....
۱۵۷	الف) آبگیر نوع ۱.....
۱۵۷	ب) آبگیر نوع ۲.....
۱۵۸	ج) آبگیر نوع ۳.....
۱۵۸	د) آبگیر نوع ۴.....
۱۶۰	اجرای مدل.....
۱۶۱	مشاهده نتایج.....
۱۶۴	ذخیره‌سازی خروجی‌ها.....
۱۶۴	اتصال به مدل هیدرولیکی.....
۱۶۵	بخش چهارم.....
۱۶۵	شبیه‌سازی هیدرولیکی.....
۱۶۹	الف- تعداد مرحله‌های زمانی.....
۱۶۹	ب- طول مراحل زمانی.....
۱۶۹	ج- داده‌های مربوط به مدل آبگیر.....
۱۷۰	د- نحوه اجرای مدل.....

۱۷۰	ه- درجه حرارت آب
۱۷۰	و- اطلاعات مربوط به ذرات ماسه که شامل موارد زیر است:
۱۷۱	ز- اطلاعات مربوط به ذرات ریز شامل موارد زیر است:
۱۸۵	بخش پنجم
۱۸۵	تأثیرات محیطی
۱۸۸	تغییر محل آبگیری از رودخانه یا اصلاح آن
۱۹۰	بهره بردن دفع رسوبات با استفاده از رسوبگیرها
۱۹۰	بهره بردن دفع رسوبات با تغییر در نحوه بهره‌برداری
۱۹۱	رسوبگیری از کانال
۱۹۲	افزایش لایروبی کانال
۱۹۳	طراحی کانال
۱۹۳	بهره برداری کانال
۱۹۵	بخش ششم
۱۹۵	تجزیه و تحلیل اقتصادی
۱۹۸	مقایسه هزینه‌ها
۲۰۰	تجزیه تحلیل هزینه- فایده
۲۰۱	فهرست منابع

www.ketab.ir

مقدمه

رسوبگذاری مشکلی است که به تمامی کانالهای آبیاری که آب را مستقیماً از رودخانه منتقل می‌کنند مربوط می‌شود. تجمع رسوبات از ظرفیت شبکه‌های آبیاری کاسته و اگر به طور منظم این رسوبات جمع‌آوری نشوند، بتدریج به خرابی و نهایتاً به زوال کامل کانال منجر می‌گردد. این عمل باعث می‌گردد که ضمن تحمیل هزینه‌های زیاد برای لایروبی این رسوبات، عملیات بهره‌برداری مختل شده و حتی گاهی شبکه کاملاً کمبود آب مواجه گردد. همانطور که گفته شد، پدیده رسوبگذاری در شبکه‌های آبیاری انباشت بسیار بالایی برخوردار است بالاخص هنگامی که شبکه متأثر از سیل و میان رودخانه گشته، غلظت رسوبات انتقالی در رودخانه و متعاقب آن غلظت رسوبات در سیال بالا رود.

اولین گام برای جلوگیری از رسوبات در کانالهای آبیاری انتخاب محل مناسب برای بند انحرافی می‌باشد. در صورت امکان بایستی بند را در خارج از پیچ یک رودخانه ساخت. مسیر جریان باید از امکان کمتر دچار آشفتگی شود. این بدان معنی است که زاویه حاده مابین محل اصلی ورودی و جهت جریان رودخانه کمترین مقدار ممکن را داشته باشد.

انتخاب دقیق نقطه آگیری از رودخانه نیز، از عوامل اساسی در کاهش رسوبات وارده به سیستم انحراف و آگیری است. عموماً قوس بیرونی پیچ رودخانه به عنوان نقطه مناسب انتخاب می‌شود. این عمل از نشست رسوبات در محل آگیری می‌کاهد. علت این امر جاروب شدن بار بستر در محل انحناء رودخانه به طرف قوس داخلی می‌باشد که موجب عدم ته نشینی رسوبات در قوس بیرونی می‌گردد. آب منتقل شده از رودخانه به سمت کانال، محتوی مواد رسوبی می‌باشد. در صورت عمده این مواد رسوبی باید در ابتدای کانال انتقال از آب جدا شوند، در غیر این صورت بعلت سرعت کم جریان در کانال، مواد رسوبی ته نشین شده و باعث گرفتگی و نهایتاً کاهش ظرفیت کانال می‌گردد.

مواد رسوبی منحرف شده از رودخانه به سمت شبکه یا بصورت معلق می‌باشند و یا در نزدیکیهای کف کانال حرکت می‌کنند. طراحی تمامی تخلیه کننده‌های رسوبی

بر این واقعیت متکی است که تمرکز رسوب در رودخانه یا کانال در لایه های تحتانی بیش از لایه های فوقانی آن می باشد. ابزار و وسایل نیز طوری ساخته می شوند که لایه پایین آب را طوری جدا کنند که کمتر بهم خوردگی در تمرکز رسوب بوجود آید. این کار به کانال اجازه می دهد تا آب نسبتاً تمیزی را در لایه فوقانی منتقل کند. به منظور جلوگیری از ورودی رسوبات به داخل شبکه و کاهش هزینه های نگهداری نیز می توان یک حوضچه رسوبگیر را در ابتدای شبکه احداث نمود. حوضچه های ته نشینی در کانالهایی با سطح مقطع بزرگ ساخته می شوند، به جهت آنکه سرعت جریان تا آن حدی پایین بیاید که رسوبات در حوضچه رسوبگیر ته نشین گردند. در جایی که شرایط ته نشینی رسوب مناسب است، رسوبات از پایین بن رانم کف حوضچه به درون رودخانه بازگردانده می شوند، چنانچه دفع رسوبات به این طریق عملی نباشد، با وسایل مکانیکی بایستی رسوبات منتقل گردند. البته قبل از ته نشینی باید به تاح بایستی بدانند چه غلظتی از رسوبات رودخانه وارد کانال اصلی می گردد. به غلظت وارد شبکه می گردد و چه میزانی از رسوبات بایستی توسط رسوبگیر یا حوضچه رسوبگیر به دام افتاده و در نهایت توسط کانال فرار مجدداً به رودخانه بازگردانده شود.

پیشگفتار

نقش موثر حوضچه های ترسیب در روند کاهش رسوبات ورودی به شبکه را نمی توان کتمان نمود. با احداث آنها در ابتدای شبکه های آبیاری می توان از هزینه های بالاسری شبکه (لایروبی) به مقدار زیادی کاست. تاکنون تحقیقات متعددی در زمینه روند رسوبگذاری در حوضچه های ترسیب و یا مخازن سدها صورت گرفته است.

مؤذن ظهیری در سال ۱۳۸۵ در مقاله ای به بررسی مبانی طراحی حوضچه رسوبگیر و عملکردهای احیای آن پرداختند. در این مقاله مشکلات موجود حوضچه رسوبگیر واصله از نظر مبانی طراحی و بهره برداری و با استفاده از آمار اندازه گیری شده شامل سرعت جریان، دانه بندی و غلظت رسوبات ورودی به حوضچه در فاصله سالهای ۶۹-۱۳۶۵ مورد بررسی قرار گرفت. این بررسی ها نشان داد که بدلیل فاصله زیاد حوضچه از رودخانه کرخ و عدم امکان تخلیه هیدرولیکی رسوبات، مشکلات بهره برداری زیادی در خصوص لایروبی مکانیکی رسوبات ایجاد نموده است. با طراحی بتنی حوضچه در فاصله نزدیکی از رودخانه کرخ می توان مشکلات بهره برداری را به حداقل رساند. همچنین بررسی ابعاد و دانه بندی رسوبات ته نشین شده، ابعاد حوضچه موجود بسیار بیشتر از ابعاد مورد نیاز طراحی شده است. دبی طراحی این حوضچه نیز حدود دو برابر دبی جریان واقعی کانال واصله در نظر گرفته شده است، بنابراین طرح یک حوضچه رسوبگیر با ابعاد کمتر و با پوشش بتنی در نزدیکی رودخانه کرخ که رسوبات در آن به صورت هیدرولیکی تخلیه شوند، می تواند بسیار مفید باشد.

در پژوهشی دیگر محققین با استفاده از میکرو مدل موفق به مکانیابی آبگیر کانال شهید چمران واقع در بالا دست سد انحرافی حمیدیه شدند. در این تحقیق بمنظور بررسی وضعیت هیدرولیکی و رسوب جریان در مقابل دو آبگیر شهید چمران و آزادگان از یک مدل فیزیکی میکرو با مقیاس افقی ۱:۵۰۰ و مقیاس عمودی ۱:۱۰۰ واقع در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه شهید چمران استفاده گردید. جهت ساخت میکرو مدل، ابتدا نحوه تامین آب و هدایت و کنترل جریان مورد بررسی و طراحی قرار گرفت و سپس منطقه مورد مطالعه شامل بازه ای از رودخانه کرخ، سد

انحرافی و آبگیرهای شهید چمران و آزادگان بر روی میز هیدرولیکی شبیه سازی گردید. در این تحقیق از مدلی به طول ۹۵، عرض ۵۵ و ارتفاع ۵۰ سانتیمتر استفاده گردید. جهت تعیین کنترل دبی و سرعت جریان بترتیب از سرریز لبه تیز مستطیلی و میکرو مولینه استفاده گردید.

در این مطالعه به منظور بررسی هیدرولیک و رسوب جریان و اصلاح شرایط هیدرولیکی جریان در مدل گزینه هایی مشتمل بر افزودن مجاری تحتانی به آبگیر چمران، قرار دادن سه نوع اپی با طولها و زوایای مختلف در ساحل مقابل آبگیر چمران، افزایش رقوم تاج سد و کاهش عرض و افزایش رقوم کف آبگیر آزادگان را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج حاصل از آزمایشات قبلی حاکی از پایین بودن بیش از مقدار مورد نیاز راز کف آبگیر آزادگان بود. بررسی الگوی جریان در آزمایشات نشان داد که آبگیر شهید چمران در وضعیتی است که خطوط جریان به شکل مناسبی به طرف آن هدایت نمی شوند. لذا طرح تغییر موقعیت آبگیر چمران پیشنهاد و در مدل اجرا گردید.

در آزمایشات مربوط به رسوب ابتدا تزریق رسوب، نحوه رسوبگذاری در مقابل دو آبگیر و ناحیه بالادست سد مشخص شد. سپس با مشاهده رسوبگذاری در مقابل آبگیر شهید چمران با اضافه کردن دیوار جدا کننده رسوب (با طولها و زوایای مختلف) اقدام به اصلاح شرایط فوق گردید. در آزمایشات صورت گرفته مجاری تخلیه رسوب سمت راست و چپ سد انحرافی جهت تخلیه سیلاب و رسوب مدل شده کاملاً باز در نظر گرفته شدند. آزمایش مربوط به شرایط هیدرولیکی نشان دادند که خطوط جریان بطور فاحشی به سمت آبگیر آزادگان بود. در حالیکه خطوط جریان انحراف یافته به سمت آبگیر چمران کم و با زاویه نامطلوبی می باشند.

در سری آزمایشات مربوط به رسوب ته نشینی رسوبات در مقابل آبگیر چمران و عمق زیاد رسوبات ته نشین شده را میتوان به قرار گرفتن این آبگیر در محل داخلی مرتبط دانست. وجود جریان گردابی در مقابل دهانه های سمت راست آبگیر چمران موجب معطل شدن رسوبات کف و انتقال آنها به درون آبگیر می شوند. در صورتیکه آبگیر آزادگان بدلیل اینکه در قوس خارجی واقع شده است مشکلات فوق الذکر را ندارد

همچنین در پژوهشی که در سال ۱۳۸۵ انجام شد پژوهشگران به بررسی رسوبگذاری در مخزن سدها با استفاده از تحلیل عددی دو بعدی پرداختند. برای تعیین مقدار و شکل توزیع رسوب در مخزن، کم هزینه ترین روشها، استفاده از مدل‌های عددی می باشد. در این مقاله، مدل دو بعدی جریان آب و مقدار رسوبگذاری در عرض متوسط مورد توجه قرار گرفت و محاسبات آن توسط برنامه کامپیوتری انجام شد و در نهایت کاربرد مدل سد مخزنی بوکان، با برآورد روشهای تجربی مورد مقایسه قرار گرفت. مدل و برنامه تهیه شده برای ۵۰ روز، در مورد سد مذکور واقع در جنوب شرقی شهرستان میاندوآب و با پرامترهای این سد مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که این مدل می تواند برای تحلیل رسوب در جریانهای دائمی و غیر یکنواخت در مخزن سدها مورد استفاده قرار گیرد. نتایج عددی حاصل از مدل، با نتایج اندازه گیری شده مطابقت خوبی ندارد.

از این مقاله نیز چنین استنباط می شود که با کاربرد مدل‌های ریاضی از یک سو می توان مقدار رسوبگذاری در مخزن را پیش بینی و از سوی دیگر راهکارهای لازم را برای حفظ کارایی و زنده نگهداشتن ظرفیت مخزن ارائه نمود و نیز در نتیجه رسوبگذاری در مخازن تغییرات فرم بستر را پیش بینی نمود.

مرتضی کلاهدوزان و همکاران به شبیه سازی یک بعدی و دو بعدی رسوبگذاری مخزن سد چم گردلان واقع در استان ایلام پرداختند. در این تحقیق معادلات دیفرانسیل حاکم بر هیدرودینامیک انتقال رسوب و تغییرات بستر در یک مخزن سد، توسط روش تفاضلهای محدود در حجم کنترل حل شده است. پس از یک دوره پنجاه ساله از آمار دبی و دبی رسوب ورودی با استفاده از مدل‌های مذکور، مدل سازی گردید. در حالت مدلسازی دو بعدی با توجه به طولانی بودن مدت اجرا و صرف زمان زیاد در اجرای کامل، دبی و دبی رسوب شاخص انتخاب شده و نتایج حاصل از رسوبگذاری در مخزن سد، به کل دوره مورد مطالعه تعمیم داده شده است. در نهایت پس از مدلسازی نتایج زیر در مخزن سد حاصل گردید:

۱- فرضیات ساده کننده در مدل یک بعدی باعث ایجاد خطاهای قابل توجهی در نتایج مدل شده است.

۲- مدلسازی طولانی مدت مورفولوژی در مخازن را می توان با فرضیات مناسب عملی نمود.

۳- از نتایج مدل یک بعدی که نیاز به زمان زیادی نسبت به مدل دو بعدی ندارد می توان برای انتخاب دوره های موثر رسوبگذاری در مخزن سد استفاده نمود، بدین منظور استفاده از مدلهای یک بعدی در کنار مدلهای دو بعدی در کاهش مدت اجرای برنامه و سرعت در رسیدن به نتایج صحیح، بسیار مفید خواهد بود.

در مطالعات شمسایی و امامی در سال ۱۳۸۱ انجام دادند به ارزیابی و پیش بینی نرخ توزیع رسوب و انباشت آن در مخزن سد اکباتان به روش مینیمم توان واحد جریان پرداخته اند. این تحقیق نتایج حاصل از هیدروگراف مذکور با نتایج بدست آمده از مدل کاپیون 2 START مقایسه گردید. نتایج حاصل نشان داد که روش مینیمم توان با توجه به منظور تعیین تراز رسوب در مجاورت سد از دقت بالاتری برخوردار است. با توجه به هیدروگرافی مطابقت بیشتری دارد. همچنین با بررسی روش مینیمم توان واحد جریان در مخزن سد نشان داده شد که دقت روش مذکور در پیش بینی ارتفاع انباشت رسوب در قسمتهای مختلف مخزن متغیر است. این روش در قسمتهای ابتدایی مخزن که محل انباشت رسوبات دلتایی است، از دقت مناسبی برخوردار نیست ولی با نزدیک شدن به محور سد، دقت نتایج آن افزایش می یابد.

قانی^۱ در سال ۱۹۹۳ پارامترهای موثر در مراحل انتقال رسوب در آبراهه های روباز در جریان ماندگار و متغیر تدریجی که شامل عمدهای جریان (y)، شعاع هیدرولیکی (R)، سرعت متوسط (V)، تنش برشی (τ)، اندازه ذرات (d)، چگالی ذرات (ρ_s)، ضریب غلظت رسوبات C_v ، نسبت B/y ، زبری بست ϵ ، ضریب اصطکاک رسوبات (λ_s)، شیب کف (S_0)، و بهم چسبیدگی ذرات که بر روی نیروی ثقل تاثیر گذارند، می باشند را مورد بررسی قرار داد.

^۱ - Ghani

فان راین علاوه بر پارامترهای فوق، به بررسی پارامترهای دیگری همچون پارامتر سرعت ته نشینی (ω_s)، پخشیدگی ناشی از مومنتوم جریان (ε_r)، اختلاف پخشیدگی ذرات رسوبی جدا از هم و ذرات رسوبی (فاکتور β) و پارامتر تعلیق جریان پرداخت.

پارامتر تعلیق جریان تاثیر نیروی ثقل ذرات که به سمت پایین اعمال می شود (Z) و نیروی ناشی از جریان توربولنت که به سمت بالا اعمال می شود را بیان می کند. معمولاً یک ارتباطی بین پارامترهای ذکر شده و معادلات بار بستر وجود دارد که می توان بصورت زیر آنرا خلاصه نمود.

$$T_f = f(R, y_0, V, y_0/d_{50}, R/d_{50}, B/y_0, U_* / V, VS_0/\omega_s)$$

دو پارامتر دیگر که نیاز به تفسیر و غلظت حجمی (C_v) که از متغیرات وابسته می باشند بصورت معادلات ارائه شده اند.

$$\Phi = f(\Psi, R/d_{50}, y_0/d_{50}, D_{gr}, B/y_0, \lambda, U_* / V, VS_0/\omega_s)$$

$$C_v = f(B/y_0, R/d_{50}, y_0/d_{50}, D_{gr}, \lambda, U_* / V, U_* / \omega_s, \omega_s d_{50} / u, VS_0/\omega_s)$$

قانون استوکس را فقط وقتی می توان استفاده نمود که عدد رینولدز ذرات کمتر از ۰/۱ باشد و این حالت زمانی رخ می دهد که قطر ذرات خیلی کوچک و در حدود ۰/۰۳ میلیمتر و کمتر باشد. آلتین بیلک (۱۹۹۱)^۱ نموداری برای تعیین سرعت ته نشینی ذرات در دماهای مختلف آب ارائه نمود. این نمودار را می توان برای تمامی محدوده های عدد رینولدز مورد استفاده قرار داد. گیبز (۱۹۷۱)^۲ فرمول زیر برای تعیین سرعت ته نشینی صرفنظر از محدوده عدد رینولدز ارائه نمود:

^۱ - Altinbilek

^۲ - Gibbs

$$V_s = \frac{[qv^2 + gd^2(G_s - 1)(0.03869 + 24.80d) \times 10^{-3}]^{0.50} - 3v}{(0.11607 + 74.405d) \times 10^{-3}}$$

که در آن:

d = قطر ذرات به میلیمتر

G_s = چگالی ویژه ذرات

V_s = سرعت ته نشینی ذرات

g = شتاب جاذبه (m/s^2)

v = لزوم دینامیکی

q = ضریب عرض جریان

آوسی (۱۹۸۱) ضریب اصلاح زیر را برای ته نشینی در آبهای در جریان ارائه نمود:

$$V_s' = V_s - V_s'$$

$$a_0 = \frac{0.132}{\sqrt{D}}$$

V = سرعت جریان در حوضچه

سرعت جریان در حوضچه نباید آنقدر زیاد باشد که باعث بلند شدن ذرات ته نشین شده گردد. حداکثر سرعت جریان در می توان از سرعت برشی تعیین نمود. Avci فرمول زیر را برای حداکثر سرعت مجاز ارائه داد:

$$V_p = C_0 \sqrt{d}$$

$$V_p = \text{حداکثر سرعت مجاز} (m/s)$$

$$d = \text{قطر ذرات} (mm)$$

که ضریب C_0 تابعی از قطر ذرات می باشد. چنانچه قطر ذرات کوچکتر از ۰/۱ میلیمتر باشد، مقدار آن ۰/۵۱، در صورتیکه بین ۰/۱ تا ۱ میلیمتر باشد، مقدار آن ۰/۴۴ و چنانچه قطر ذرات بزرگتر از ۱ میلیمتر باشد مقدار ۰/۳۶ را در معادله (۲-۹) قرار می دهیم.