

## تأثیر جریان ناشی از تغییر دانسیته بر روی عملکرد مخازن ته‌نشینی آب و ارایه راه‌کارهایی جهت حذف آثار منفی آن

سید مصطفی خضری<sup>۱</sup>

فرانک میرفتاح<sup>۲\*</sup>

[f.mirfattah@yahoo.com](mailto:f.mirfattah@yahoo.com)

تاریخ پذیرش: ۹۰/۰۱/۲۵

تاریخ دریافت: ۸۹/۰۷/۱۰

### چکیده

زمینه و هدف: جریان‌های ناشی از تغییر دانسیته در تمام مخازن ته‌نشینی جدا از شکل‌شان رخ می‌دهند ولی دلیل به وجود آمدنشان می‌تواند متفاوت باشد. هدف از این تحقیق بررسی آثار منفی ناشی از این جریان‌ها در مخازن ته‌نشینی و ارایه راه‌کاری جهت کاهش این اثر می‌باشد.

روش بررسی: در این تحقیق یک پایلوت مخزن ته‌نشینی مستطیلی با مقیاس ۱/۲۰ از جنس Plexiglass با ضخامت ۱۰ میلی‌متر بر اساس قانون مدل فرود ساخته شد. سه خروجی لجن در کف حوض، یک بافل ورودی متحرک، یک سرریز مثلثی، یک بافل میانی متحرک و دو بافل جانبی در آزمایشات مورد استفاده قرار گرفت.

یافته‌ها: تغییر چگالی در آزمایشات به کمک تغییر دمای محتویات درون حوض ته‌نشینی انجام گرفت این جریان‌ها سبب آشفتگی درون حوض‌های ته‌نشینی شده و باعث افزایش کل جامدات معلق در خروجی و کاهش ۵ الی ۲۵ درصدی راندمان حذف جامدات معلق در دو اختلاف دمای متفاوت ورودی و محتویات درون مخزن که این اختلاف دما به ترتیب ۲/۲ و ۶/۸ درجه سانتی‌گراد ته‌نشینی گردیدند. محدوده تغییرات غلظت در آزمایشات ۱۰۰ تا ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر می‌باشد. از دو نوع بافل میانی و جانبی جهت کاهش اثر منفی این جریان‌ها استفاده گردید.

نتیجه‌گیری: نتایج استفاده از بافل میانی و جانبی به ترتیب ۲۰ و ۲۳ درصد افزایش کارایی حوض ته‌نشینی در حذف کل مواد معلق بود.

واژه‌های کلیدی: جریان‌های چگال، بافل میانی، بافل جانبی، حوض ته‌نشینی مستطیلی و سرریز مثلثی.

۱- استادیار منابع آب، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.  
\*۲- (مسئول مکاتبات): کارشناس ارشد، منابع آب، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

## **Effect of Current Induced by Density Changes on Performance of Sedimentation Tanks and Proposing Solutions to Eliminate its Negative Impacts**

**Seyed Mostafa Khezri<sup>1</sup>**

**Faranak Mirfattah<sup>2\*</sup>**

[f.mirfattah@yahoo.com](mailto:f.mirfattah@yahoo.com)

### **Abstract**

**Background and Objective:** The objective of this study is to evaluate the disadvantages of density in sedimentation tanks and suggest solutions to eliminate those disadvantages.

**Method:** In this study, a 1:20-scale rectangular sedimentation tank, with thickness of 10 mm, was used as a pilot. The pilot was made up of plexiglass according to the Frod model. Three draw-offs in the bottom of the tank, two withdrawal baffles, one intermediate baffle, one inlet baffle and effluent weir configurations were used in the experiments. Turbulence was formed by density of current and then lighter suspended solids went toward effluent weir.

**Results:** The turbulence caused by currents lead to increase of suspended solids at effluent and decrease of the sedimentation tank efficiency. The proposed solution for prohibition of those disadvantages is the use of baffles in different positions.

**Conclusion:** The results indicated increases of 20% for using intermediate baffle and 23% for using withdrawal baffles within 2.2-6.8 °C temperature difference between entering current and sedimentation tank contents with suspended solid concentrations of 100- 300 mg/lit.

**Keywords:** Density current, intermediate and withdrawal baffles, rectangular sedimentation tank, triangular weir.

---

1- Assistant Professor of Water Resources, Department of Energy and Environment, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran..

2- MSc of Water Resources, Department of Energy and Environment, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran.

\*(Corresponding Author)

## مقدمه

متفاوت برای یافتن تاثیر استفاده از بافل حلقه ای نیم شعاع روی جامدات معلق خروجی انجام داد که نتیجه آن کاهش ۳۷/۵ درصدی مواد معلق خروجی گردید. با استفاده از اطلاعات ناشی از این تحقیقات سوال مهم این است که چه راه حلی جهت حذف یا کاهش آثار منفی آن‌ها وجود دارد؟ هدف این تحقیق بررسی آثار منفی جریان‌های ناشی از تغییر دانسیته درون حوضچه‌های ته نشینی و آرایه راهکارهایی جهت حذف این آثار منفی می‌باشد. در این تحقیق جهت پی بردن به اثرات منفی جریان‌های ناشی از تغییر دانسیته درون مخازن ته نشینی از اندازه گیری پارامتر TSS بر روی آب ورودی و خروجی استفاده شده است. با گرم کردن محتویات درون حوضچه، شرایط تغییر دانسیته به وجود آمد و آزمایشهای متعددی برای شرایط مختلف انجام گرفت.

قانون مدل فرود: در این مطالعه جهت شبیه سازی از قانون مدل فرود استفاده گردیده است. پارامتر بدون بعد عدد فرود نامیده می‌شود. آنالیز دیمانسیون که عدد فرود را برای کانال‌های باز نشان می‌دهد که تحت تأثیر شیب کانال، مقیاس سطح، مقیاس طول می‌باشد. مواردی که نیروی ثقلی نقش مهمی را در جریان ایفا می‌کند مانند جریان در مخازن ته نشینی باید عدد فرود در مدل و پروتوتایپ یکسان باشد (۴).

در جدول ۱ روابط بین مدل و پروتوتایپ بر اساس شبیه سازی سینماتیکی (قانون مدل فرود) آمده است.

$$\frac{\rho L^3 g}{\rho L^3 V^3} = \left( \frac{\rho L^3 g}{\rho V^3 L^3} \right)_m \quad (1)$$

ته نشینی و زلال‌سازی در عملیات تصفیه ی آب آشامیدنی غالباً به صورت مترادف به کار برده می‌شود اگرچه تفاوت ظریفی در تشریح این دو عبارت وجود دارد اما هر دو آن‌ها دلالت بر جداسازی فیزیکی مواد جامد از آب دارد (۱). زلال‌سازی از اینرو دارای اهمیت است که رابطه مستقیمی با کیفیت خروجی پساب در جداسازی جامدات بیولوژیکی از جریان خروجی دارد و ته نشینی بیشتر روی جداسازی جامدات معلق از آب خروجی تاکید دارد. در تهیه آب آشامیدنی تقریباً تمام جامداتی که باید حذف شوند سنگین‌تر از آب هستند. از این رو ته نشین سازی در اثر نیروی گرانشی به عنوان متداول‌ترین روش برای جداسازی به شمار می‌رود (۱). همان‌طور که می‌دانیم ابتدایی ترین فرضیه‌ها در طراحی و بهره برداری حوض‌های ته‌نشینی این می‌باشد که جریان‌های گردشی درون حوضچه اتفاق نمی‌افتد و همواره سرعت افقی یکسان می‌باشد بنابراین به وجود آوردن شرایط بهینه برای دست یافتن به این فرضیات، توجه به طراحی و بهره‌برداری حوضچه ته‌نشینی می‌باشد (۳ و ۲). یک فاکتور مهم که سبب دور شدن از شرایط بهینه می‌گردد، وجود جریان‌های ناشی از تغییر دانسیته می‌باشد. این جریان‌ها زمانی شکل می‌گیرند که ورودی‌های با دانسیته بیشتر به سمت کف حوضچه می‌روند و سبب ایجاد سرعت نسبتاً بالا و آشفتگی جت مانند می‌شوند. این آشفتگی‌ها یا جریان‌های ناشی از تغییر دانسیته، در جهت افقی حرکت می‌کنند و ذرات جامد سبک‌تر را برداشته و سبب اتصال کوتاه<sup>۱</sup> در حجم اصلی مخزن می‌شوند؛ سپس آنها را به سمت بالای دیواره‌ی حوضچه حرکت می‌دهند و جامدات سبک‌تر را به سمت خروجی می‌برند که از تأثیرات آن، افزایش چشم‌گیر در TSS و کاهش شدید در زمان ماند می‌شود (۵ و ۴). از جمله کارهای که در این زمینه روی جریان‌های ناشی از تغییر دانسیته توسط افراد مختلف انجام گرفته است که در هر کدام به نوعی تأثیر به وجود آمدن جریان‌های ناشی از تغییر دانسیته بر روی کارایی حوضچه‌های ته‌نشینی بررسی گردیده است. به عنوان مثال: امیر تائبی هرنیدی در سال ۱۳۷۹ (۲۰۰۰ میلادی) آزمایشی روی فاضلابی با چگالی‌های متفاوت در حوض‌های ته نشینی مستطیلی انجام داد و تاثیر منطقه خروجی لجن، شکل ورودی و سرریز را روی حذف جامدات معلق خروجی مورد بررسی قرار دادند باید متذکر گردید که جریان غالب در آزمایشات جریان سطحی بود و نتیجه تحقیقات نشان داد که منطقه خروجی لجن سهم به‌سزایی روی تغییر جامدات معلق خروجی دارد و بر عکس آن مکان قرارگیری سرریز و شکل ورودی تاثیر چندانی روی آن ندارند.

Samstage و همکاران در سال ۱۳۷۱ (۱۹۹۲ میلادی) آزمایشات‌شان را روی فاضلاب زلال‌ساز ثانویه (مدور) انجام دادند با این تفاوت که جریان غالب جریان عمقی بود و تاثیر منطقه خروجی لجن را روی پروفیل جامدات معلق خروجی مورد بررسی قرار دادند که نتیجه کارشان حاکی از تاثیر کم منطقه خروجی لجن روی پروفیل جامدات معلق داشت. و Crosby در سال ۱۳۶۳ (۱۹۸۴ م) آزمایش خود را روی فاضلابی با جریان غالب عمقی با چگالی‌های

جدول ۱- پارامترهای لازم در تشابه سینماتیکی (قانون مدل فرود)(۶)

Table 1- Necessary parameters in kinematic simulation (Froud model) (6)

پارامتر	واحد	رابطه	تناسب
L	m	$L_m / L_P = \alpha$	$1/20$
W	m	$W_m / W_P = \alpha$	$1/20$
D	m	$D_m / D_P = \alpha$	$1/20$
A	m	$A_m / A_P = \alpha^3$	$1/400$
V	$m^3$	$V_m / V_P = \alpha^3$	$1/8000$
T	min	$T_m / T_P = \alpha^{-1/5}$	$1/4 / 47$
$Q_i$	$m^3 / d$	$Q_{im} / Q_{iP} = \alpha^{2/5}$	$1/1788 / 8$
Q	$m^3 / d$	$Q_m / Q_P = \alpha^{2/5}$	$1/1788 / 8$
$Q_r$	$m^3 / d$	$Q_{rm} / Q_{rP} = \alpha^{2/5}$	$1/1788 / 8$
OFR	m / d	$OFR_m / OFR_P = \alpha^{-1/5}$	$1/4 / 47$
U	m / d	$U_m / U_P = \alpha^{-1/5}$	$1/4 / 47$
Re		$Re_m / Re_P = \alpha^{1/5}$	$1/89 / 4$
Fr		$Fr_m / Fr_P = \alpha^0$	۱

صورت می گیرد، جهت شبیه سازی پایلوت با استفاده از عدد فرود از آنالیز دیمانسیون استفاده گردید.

اساس آنالیز دیمانسیون این است که یک تابع ریاضی بین یک دستگاه از گروه های غیر دیمانسیون متشکل از متغیرهای فیزیکی را فرموله می کنیم و البته باید دو طرف تساوی دیمانسیون های یکسانی داشته باشند (۶).

#### ساخت پایلوت

با توجه به کلیاتی که در مورد مخازن ته نشینی وجود دارد، به عنوان مثال این مخازن طولشان معمولاً ۲-۴ برابر عرضشان و ۱۰-۲۰ برابر عمقشان می باشد و دارای چهار ناحیه ورودی، ته نشینی، منطقه لجن و خروجی است، ابعاد را در مقیاس اسکیل ضرب کرده و اندازه های پروتوتایپ به دست آمد که در جدول ۲ آورده شده است (۱).

$$Re = URh / \nu \quad (۲)$$

$$T = V / Q \quad (۳)$$

$$Q_i = Q + Q_r \quad (۴)$$

$$OFR = Q / (L \times W) \quad (۵)$$

$$U = Q / WD \quad (۶)$$

#### روش بررسی

برای بررسی جریان ناشی از تغییر دانسیته پایلوتی از جنس ورق Plexiglass با ضخامت ۱۰ میلی متر با مقیاس ۱/۲۰، از مخازن ته نشینی متداول مستطیلی ساخته شد. جهت ساخت این مدل از شبیه سازی هندسی استفاده شد و از آنجا که ته نشینی ذرات در مخزن ته نشینی به صورت ثقی

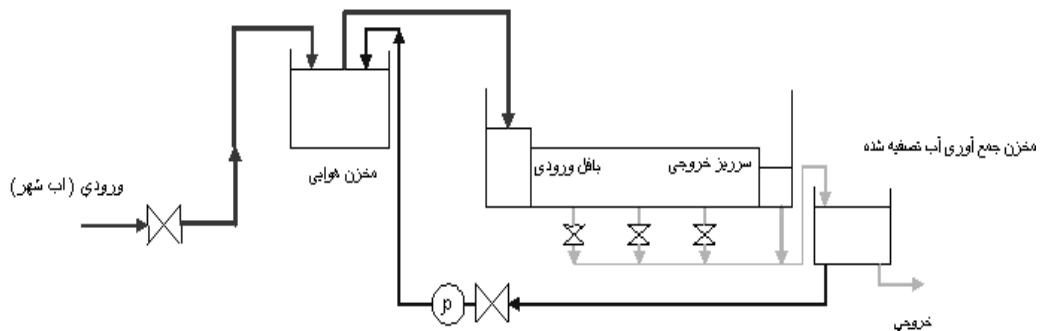
جدول ۲- ابعاد براساس قانون مدل فرود (۶)

Table 2- dimension based on Froud model (6)

پارامتر	واحد	مدل ۳	پایلوت ۳
دبی ورودی	$m^3 / d$	۳۱۳۰۴/۳	۱۷/۵۳
دبی برگشتی	$m^3 / d$	۱۵۶۵۲/۱۵	۸/۷۵
عمق	m	۵	۰/۲۵
طول	m	۳۶	۱/۸
عرض	m	۱۲	۰/۶
حجم	$m^3$	۲۱۶۰	۰/۲۷
زمان ماند	min	۱۰۰	۲۲/۱۷۶
شعاع هیدرولیکی	m	۳/۵۳	۰/۱۷۶
سرعت	m/s	$۶/۰۲۸ \times ۱۰^{-۳}$	$۱/۳۵ \times ۱۰^{-۳}$
عدد فرود		$۱/۰۲۶ \times ۱۰^{-۳}$	$۱/۰۲۷ \times ۱۰^{-۳}$
ملاحظات: با توجه به صحت عدد فرود، اندازه‌های بالا قابل قبول می‌باشند.			

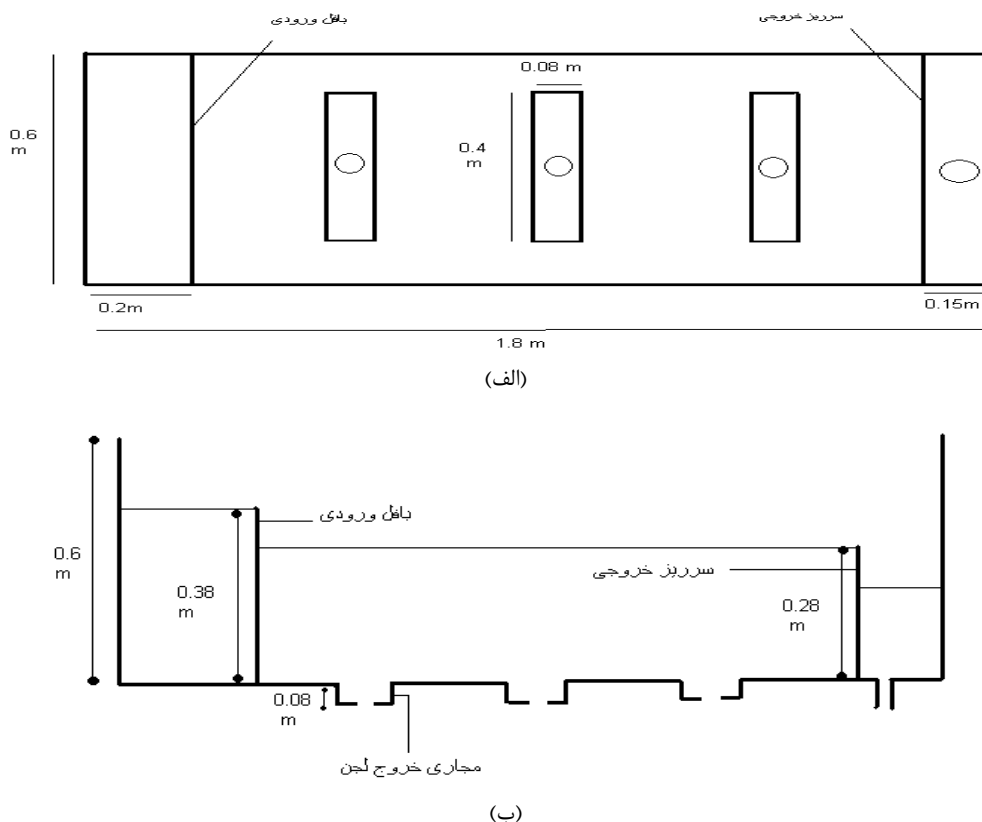
دبی (lit/min) ۳-۱۰ و هد (m) ۵-۳۳ به مخزن هوایی به حجم ۵۰۰ لیتر که روی پایه‌ای فلزی به ارتفاع ۱/۵ متر قرار داشت پمپ می‌گردید. مزیت این حوض در ورودی متحرک‌اش می‌باشد که قابلیت تعویض با دیگر اشکال ورودی را دارد. در (شکل ۱) شمای کلی پایلوت و در (شکل ۲) نمای جانبی و پلان مخزن ته‌نشینی آورده شده است.

پس از به دست آوردن ابعاد  $m^3 (۱/۸ \times ۰/۶ \times ۰/۲۵)$ ، از ورق‌های Plexiglass با ضخامت ۱۰ میلی‌متر برای ساخت پایلوت استفاده شد. این مخزن روی یک پایه ی فلزی به ارتفاع ۸۰ سانتی‌متر که دارای دو پایه با قابلیت تغییر ارتفاع است، قرار داشت. این تغییر ارتفاع جهت تغییر شیب کف مخزن ته‌نشینی تعبیه شده بود. کف حوض دارای سه خروجی لجن بود که لجن خروجی از این سه مسیر وارد منبعی به حجم ۲۲۰ لیتر می‌گردید و به کمک پمپی با



شکل ۱- شمای کلی پایلوت

Figure 1- Pilot profile



شکل ۲- الف- نمای حوض ته نشینی از بالا، ب- نما از پهلو

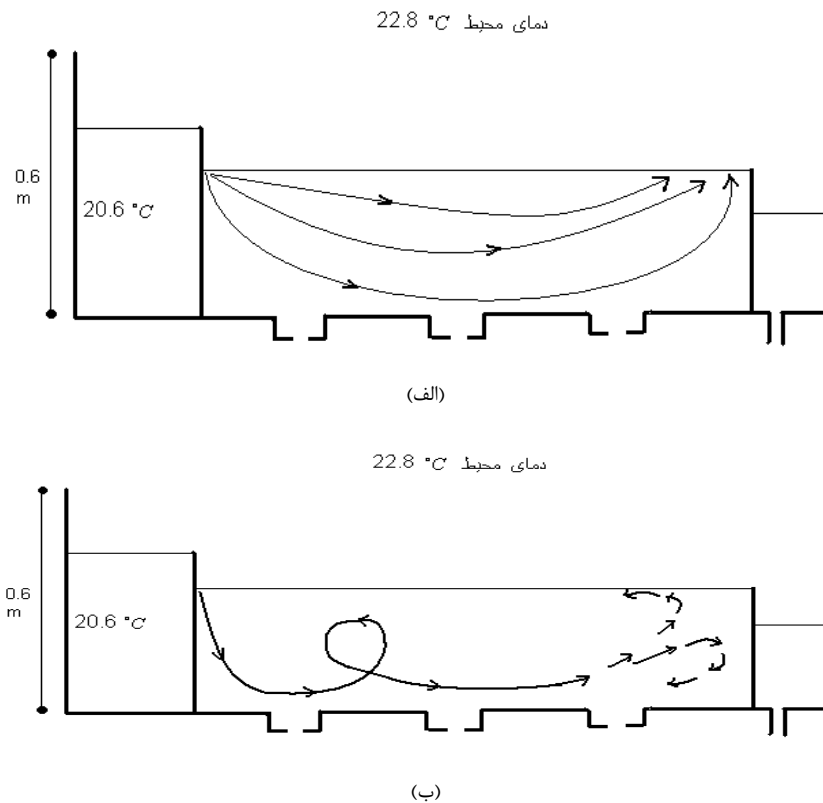
Figure 2- a) Sedimentation tank plan view. b) Sedimentation tank profile

ب) اندازه گیری دمای جریان ورودی سرد.  
 ج) پس از آن شیر ورودی را باز کرده و المنت را خاموش کردیم.  
 د) جوهر را با آب رقیق کرده و به عنوان ماده رنگی که بتوان الگوی جریان را هنگام ورود آب سرد (چگال) به درون حوض گرم بررسی کرد، به ورودی اضافه گردید.  
 ه) در این حین دما را در حوض ته نشینی در فاصله های معین از ورودی و ارتفاع های مختلف اندازه گردید.  
 و) دیاگرام دمایی به دست آمده از اندازه گیری ها رسم گردید.  
 در حالت دوم پس از مرحله (الف) آزمایش بالا محتویات درون حوض ته نشینی را کاملاً به هم زده تا دما به صورت یکنواخت پخش گردد. همان طور که عملاً در حوض های با عمق کم در طبیعت گرما به صورت یکنواخت در حوض پخش می باشد. بقیه مراحل را مانند روش قبل انجام داده و دیاگرام دمایی رسم گردید. مسیر حرکت آب در اثر تغییر چگالی به کمک وارد کردن یک ماده ردیاب مثل جوهر در قسمت ورودی مخزن ته نشینی مشاهده گردید که در (شکل ۳) نشان داده شده است.

در این تحقیق چون از آب شهر استفاده شده برای ایجاد TSS از خاک دیاتومه با غلظت ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر با توجه به اینکه SS آب های سطحی (رودخانه ها) بین ۵ میلی گرم بر لیتر تا ۳۰۰۰ میلی گرم بر لیتر متغیر می باشد بهره جستیم. سپس راندمان حوض ته نشینی از طریق نمونه برداری از آب ورودی و خروجی به حجم ۲۰۰ میلی لیتر و تعیین مقدار کل مواد معلق با توجه به روش استاندارد متد سال (۱۹۹۷) محاسبه گردید. این در حالی بود که جریان ناشی از تغییر دانسیته درون حوض بوجود نیامده بود سپس با تغییر چگالی یعنی گرم کردن محتویات درون حوض ته نشینی با استفاده از یک المنت ۱۵۰۰ W گرادیان دمایی را در عمق ها و طول های مختلف مشاهده گردید (دماسنج دارای سنسوری می باشد که با یک سیم به دماسنج متصل است و به این طریق با فرستادن آن به ارتفاع های مختلف می توان دما را در هر مکان به دست آورد). این آزمایش به ۲ شکل انجام گردید.

مراحل کار به صورت زیر می باشد:

الف) پس از پر شدن مخزن ته نشینی ورودی را بسته محتویات درون حوض ته نشینی را به کمک المنت ۱۵۰۰ W گرم کرده و با کمک دماسنج دیجیتال با دقت دهم درجه دما را در نقاط مختلف اندازه گرفته شد.

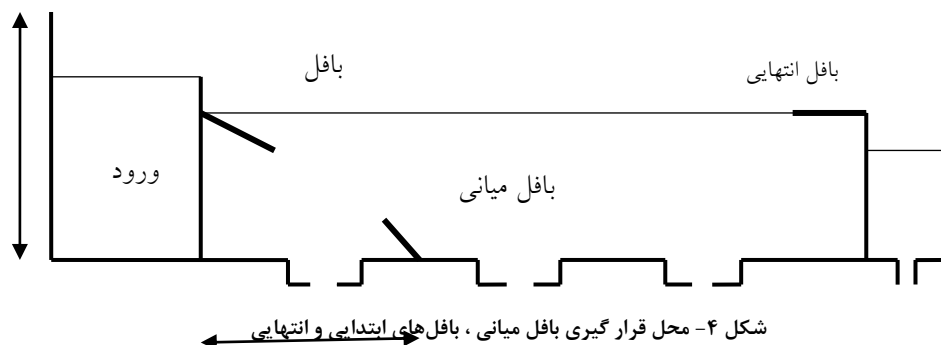


شکل ۳- الف- نمایش حرکت سیال چگال به درون حوض با لایه بندی ب- بدون لایه بندی

Figure 3- a) Schematic view of dens fluid in to layered tank. b) Non layered tank

گردید. آزمایش‌ها را با ساخت بافل در میانه، ابتدا و انتهای مخزن مطابق (شکل ۴) تکرار کرده و برای هر آزمایش پارامتر کل جامدات معلق (TSS) اندازه‌گیری شد و راندمان حذف کل جامدات معلق محاسبه گردید.

پس از تغییر چگالی دوباره راندمان حذف کل جامدات معلق را به دست آورده شد. برای درک بهتر این تاثیر، اختلاف دمای ورودی و محتویات درون حوض ته‌نشینی را افزایش داده شد و راندمان حذف کل جامدات معلق محاسبه



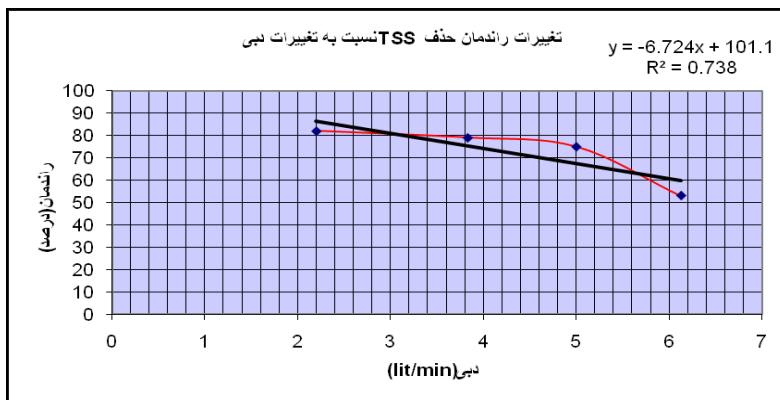
شکل ۴- محل قرار گیری بافل میانی ، بافل‌های ابتدایی و انتهایی

Figure 4- The location of the central baffle, inlet and outlet baffle

#### یافته‌ها

نتیجه‌ی آزمایشات اندازه‌گیری پارامتر TSS و محاسبه راندمان حذف جامدات معلق (TSS) در دبی‌های مختلف، جهت پی بردن به میزان تاثیر دبی روی راندمان در (نمودار ۱) آورده شده است.

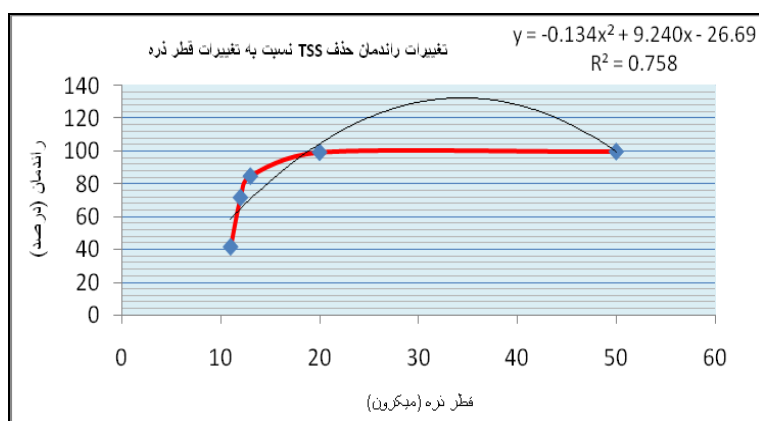
نتایج به دست آمده از آزمایشات تعیین راندمان حذف مواد معلق خروجی مخزن ته‌نشینی بدون ورود جریان چگال با دبی متوسط ۵ لیتر در دقیقه، مقدار ۷۵ درصد را نشان داد که با ورود جریان چگال (جریان غالب، جریان عمقی بود) به درون مخزن ته‌نشینی با همان دبی، راندمان با ۵ درصد کاهش به ۷۰ درصد رسید.



نمودار ۱- روند تغییرات راندمان حذف TSS نسبت به دبی

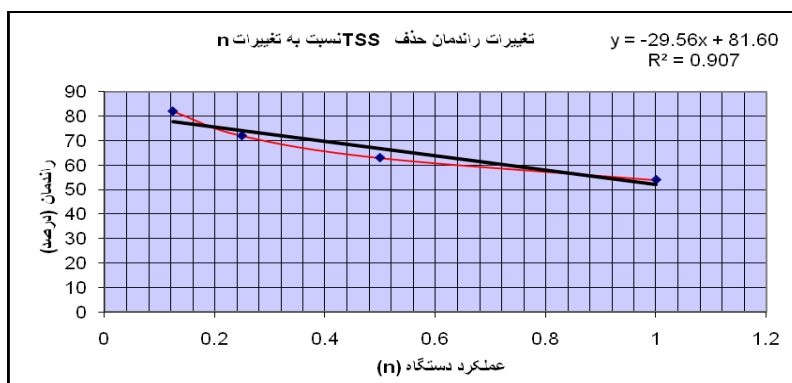
Chart 1- The trend of TSS removal efficiency changes toward the flow rate

نتایج مربوط به بررسی مدل Fair در این تحقیق در نمودارهای ۲، ۳ و ۴ راندمان آزمایشگاهی که به دست آمده است قابل تعیین می باشد (۷).  
آورده شده است و اندازه تقریبی ذرات را با توجه به دبی مورد استفاده و



نمودار ۲- تغییرات راندمان حذف TSS براساس تغییرات قطر ذره

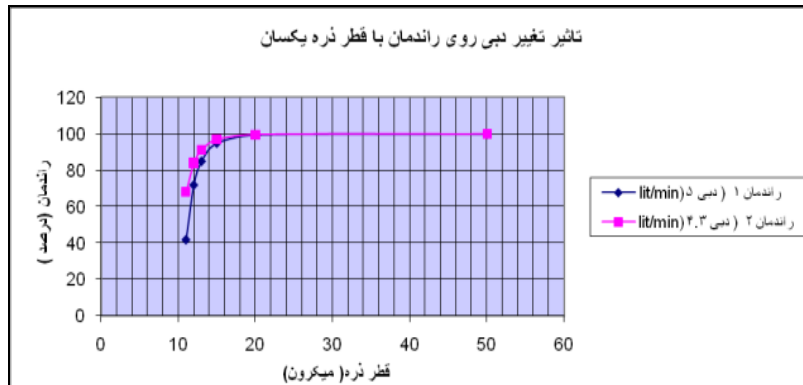
Chart 2- TSS removal efficiency changes based on the particle diameter changes



نمودار ۳- تغییرات راندمان حذف TSS براساس متغیر n

Chart 3- TSS removal efficiency changes based on the variable (n)





نمودار ۴- تأثیر تغییر دبی روی راندمان حذف TSS با قطر ذره یکسان و  $n = 1/4$

Chart 4- The impact of flow rate changes on TSS removal efficiency with equal particle diameter and  $n=1/4$

۱- برای عملکرد ضعیف

۱: برای عملکرد خیلی ضعیف

$Vs$ : سرعت ته نشینی براساس قانون استوکس)

نتیجه راندمان ۷۰ درصدی در حالتی بود که اختلاف دمای آب ورودی و محتویات درون حوض تقریباً ۳ درجه سانتی‌گراد بود و با افزایش این اختلاف به ۶ درجه سانتی‌گراد راندمان به ۴۲ درصد، ۵ درجه سانتی‌گراد ۴۸ درصد و در ۴ درجه به ۵۰ درصد کاهش یافت که نتیجه در (نمودار ۵) آورده شده است.

مدل Fair

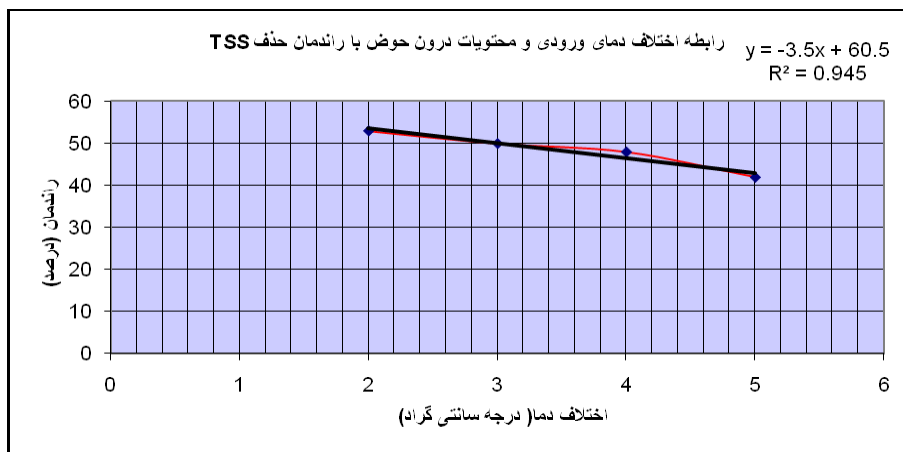
$$\frac{S_r - S_i}{S_r} = 1 - \left[ (1 + n) \frac{Vs}{Q/A} \right]^{-1/n} \quad (7)$$

$$Vs = \frac{g(\rho_p - \rho_w)d^2}{18\mu} \quad (8)$$

$n$ : صفر برای عملکرد عالی تا یک ته نشینی

۱- برای عملکرد خیلی خوب

۱- برای عملکرد خوب

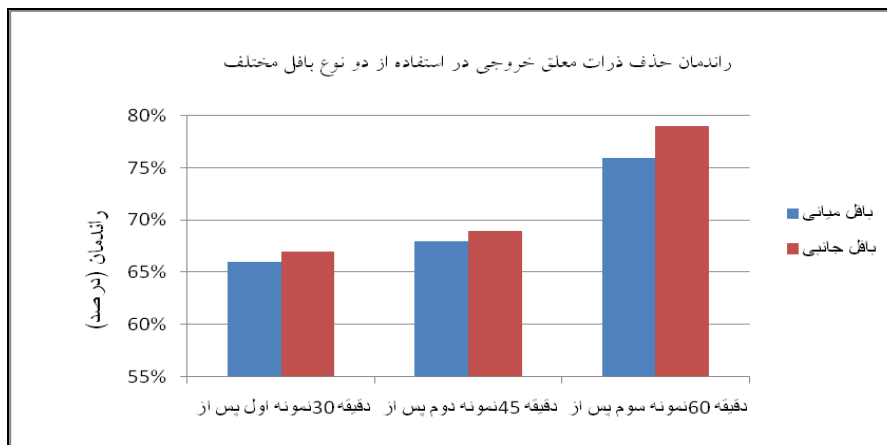


نمودار ۵- رابطه اختلاف دمای ورودی و محتویات درون حوض و راندمان حذف TSS

Char 5- The relationship between temperature difference in input and contents of the tank and removal of TSS

سانتی‌گرادی و افزایش ۲۳ درصدی راندمان هنگام استفاده از بافل‌های جانبی (ابتدایی و انتهایی) به طور هم‌زمان را نشان می‌دهد.

نتایج به دست آمده در استفاده از بافل میانی و بافل‌های جانبی در جهت کاهش اثر منفی این جریان‌ها، افزایش راندمان حذف کل مواد معلق به میزان ۲۰ درصد هنگام استفاده از بافل میانی با همان اختلاف دمای ۶ درجه



نمودار ۶- مقایسه راندمان حذف TSS هنگام استفاده از دو نوع بافل مختلف

Chart 6- Comparison between TSS removal efficiency when using two different baffle

۴- همان طور که از بررسی مدل Fair برمی آید، عواملی نظیر دبی، قطر ذره، سرعت (Vs) و فاکتور شرایط عملکرد مخزن ته نشینی (n) روی راندمان تاثیر می گذارد که از این عوامل قطر ذره به علت بار سطحی یکنواخت و زمان ماند ثابت، با تاثیر معکوس روی راندمان، نسبت به دیگر متغیرها تاثیر بیش-تری دارد. دلیل دیگر این تاثیر رابطه مستقیم بین قطر ذره و سرعت ذره می باشد.

۵- از نتایج آزمایشات مربوط به افزایش دمای مخزن ته نشینی این طور برمی آید که دمای کف تقریباً ثابت و با دمای ورودی یکسان می باشد و دمای لایه ی رویی به دلیل مواجهه با هوای بیرون دارای دمای پایین تری نسبت به لایه-ی زیرین خود می باشد که جریان چگال که دمای کم تری نسبت به دمای محتویات درون مخزن ته نشینی دارد به دلیل ممنوع حرکت این جریان ابتدا پایین آمده ولی به دلیل افزایش دما در طول مخزن ته نشینی بالا آمده و ذرات را با خود به خروجی می آورد (شکل ۳- الف). در حالتی که دما درون مخزن ته نشینی یکنواخت می باشد، جریان چگال (سردتر) که وارد مخزن می-شود در ۱/۳ از طول مخزن جریان گرم شده به سمت بالا آمده و با یک گردش دوباره به مسیر خود ادامه داده که این همان جریان گردشی ایجاد شده ناشی از ممنوع حرکت جریان چگال می باشد (شکل ۳- ب) و در انتهای مخزن به سمت بالا و پایین پخش ردد که این امر سبب افزایش TSS در خروجی می گردد. این آزمایش به کمک ماده ردیاب جوهر انجام گرفت و مکان مناسب قرارگیری مناسب بافل را به صورت عینی نشان داد.

۶- در به کار بردن بافل ها و مکان مناسب جهت جلوگیری از اثر منفی جریان های ناشی از تغییر دانسیته، نوع جریان (عمقی یا سطحی) بسیار مهم می-باشد چرا که روی مکان ایجاد جریان های گردشی تاثیر می گذارد.

۷- از آزمایشات این طور استنباط گردید که اختلاف کم درجه حرارت بین ورودی و محتویات درون مخزن هم باعث ایجاد جریان های ناشی از تغییر دانسیته می شود چرا که با گذشت زمان، پس از هم دما شدن مخزن ته نشینی با محیط، با اختلاف حتی ۰/۲ درجه سانتی گراد هنوز راندمان به میزان اولیه خود بازنگشت.

در مقایسه نتایج این تحقیق با تحقیق آقای تائبی هرنندی، ایشان به این نتیجه رسیدند که مکان قرارگیری بافل میانی تاثیر چندانی روی راندمان حذف TSS خروجی ندارد در صورتی که نتیجه آزمایشات این تحقیق تاثیر عمده بافل (چه از نظر نوع و چه از نظر مکان قرار گیری) را نشان داد چنان چه در نمودار ۶ تفاوت مکان قرارگیری بافل ها نشان داده شده است که به نظر می رسد این اختلاف نتیجه به دلیل تفاوت در جریان غالب آزمایشات می باشد که در این تحقیق جریان غالب، جریان عمقی بود در صورتی که در آزمایشات آقای تائبی هرنندی جریان سطحی بود و این موضوع در مورد تحقیق Crosby که جریان غالب، عمقی بود و از بافل نیم شعاع حلقه ای استفاده شده بود، کاهش ۳۷/۵ درصد جامدات معلق خروجی را نشان داده بود. در مقایسه با این تحقیق، استفاده از بافل میانی سبب کاهش ۲۰ درصدی و استفاده از بافل جانبی کاهش ۲۳ درصدی جامدات خروجی نشان داده شد.

#### بحث و نتیجه گیری

۱- با بررسی نتایج به دست آمده از آزمایشات تغییر دبی این طور برمی آید که با افزایش دبی، میزان راندمان حذف TSS کاهش می یابد به بیانی دیگر میان میزان بار سطحی و راندمان مخزن ته نشینی رابطه عکس وجود دارد.

۲- ورود جریان هایی با دانسیته متفاوت به مخازن ته نشینی سبب ایجاد تلاطم در مخزن ته نشینی می گردد که سبب افزایش جامدات معلق در قسمت خروجی و کاهش راندمان حذف این مواد می گردد.

۳- الگوی جریان در حوض های ته نشینی به طور قابل ملاحظه ای به اختلاف دمایی بین ورودی و محتویات درون مخزن ته نشینی ارتباط دارد همانطور که ملاحظه شد با ورود جریان سردتر به حوض با دمای بیش تر، به دلیل سنگین تر بودن به کف حوض رفته و چون با دمای محیط در ارتباط است به مرور گرم شده به سطح آمده و مواد معلق را به خروجی می آورد. به علاوه علت دیگر افزایش مواد معلق در خروجی حرکت این مواد به همراه جریان چرخشی به وجود آمده در اثر جریان های ناشی از تغییر دانسیته می باشد.

## پیشنهادات

- پیشنهاداتی که در جهت ادامه این تحقیق و ایجاد شرایط جدید جهت درک عوامل اثرگذار دیگر روی راندمان حذف TSS و یا به عبارتی کاهش TSS در خروجی و به نظر مفید می‌آیند از قرار زیر می‌باشند.
- ۱- انجام کل آزمایشات با ذراتی با اندازه‌های مختلف به صورت جداگانه و همین‌طور آزمایشی که از چندین اندازه ذره به طور همزمان استفاده گردد. و در نتیجه دستیابی به دبی و سرعت ته‌نشینی مناسب.
  - ۲- تغییر شکل ورودی به عنوان مثال ورودی که دارای سوراخ‌هایی در کل سطح است و تأثیر آن روی راندمان حذف TSS.
  - ۳- تغییر زاویه بافل‌ها چه میانی و چه جانبی و مقایسه راندمان حذف TSS آن‌ها.
  - ۴- انجام آزمایشات بیولوژیکی در حوض ته‌نشینی و بررسی تأثیر جریان‌های چگال روی حذف BOD و COD.
  - ۵- استفاده از بافل میانی و جانبی به طور همزمان و بررسی تأثیر آن جهت کاهش اثر منفی جریان‌های چگال.
  - ۶- گرم کردن جریان ورودی به منظور ورود جریان با چگالی کم‌تر به درون حوض ته‌نشینی با چگالی بیش‌تر و بررسی الگوی جریان درون حوض و یافتن راه‌هایی جهت حذف آثار منفی آن مثلاً استفاده از بافل و یافتن مکان قرارگیری صحیح بافل.
  - ۷- مدلسازی چگونگی حرکت جریان‌های ناشی از تغییر دانسیته و ذرات معلق داخل مخازن ته‌نشینی.
  - ۸- بررسی اثر باد بر روی راندمان در مواقع وجود جریان‌های ناشی از تغییر دانسیته سطحی.
  - ۹- انجام آزمایشات با دبی ثابت از طریق استفاده از پمپ و آرام‌کننده پس از آن.

## منابع

- ۱- هووارد، س. دونالد، ر. وو، چپانو گلاس. ج. ترجمه کی نژاد، محمد علی و ابراهیمی، سیروس (۱۳۷۶) " مهندسی محیط زیست " دانشگاه صنعتی سهند، تبریز.
- 2- Taebi-Harandy, A. (1995) , "Analysis Of Structural on performance of secondary clarifiers " ,Journal Of Environmental Engineering ,121(12) pp.6800
- 3- Taebi-Harandy, A. (2000), " Formation of density currents in secondary clarifiers", Water Resources Research, 34(4), pp1225-1232.
- 4- Wells, S.A. and Laliberte, D. (1998), "winter temperature gradients in circular clarifiers " , Water Environment Research, 70(7), pp 1274-1279.
- 5- Boyle, W.H. And Davis, J.K. (2002), "High load field test of a secondary clarifier".
- 6- James, E.A and William, L. H., Introduction To Fluid Mechanics, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ 07632.
- ۷- خضری، سید مصطفی (۱۳۸۲) " بهینه‌سازی تصفیه خانه متداول آب به روش برنامه ریزی پویا " دانشگاه تربیت مدرس، تهران .