# Evaluation of High Rate Settling Tanks in Removal of Suspended Solids With and Without Coagulant Aids in Karoon River

*Rajabizadeh Darzini, A., Tajbakhsh Tabar, J. and Razeghi, N.*
*Department of Environment, University of Tehran.*

**Abstract**

The use of simple high rate settling tanks has been suggested by the World Health Organization ( WHO ) for water treatment plants in rural and small communities in developing countries. For the efficiency evaluation and applicability of such equipment in the rurals located along the Karoon banks, the study was carried out at the Faculty of Environment of Tehran University.

The pilot unit consisting of inclined parallel plate settlers was built according to the suggested design criteria. Raw water with different turbidities was prepared through simulation. The pilot was then run at two stages of with and without coagulation matters in different situations considering changes in the flow and surface over flow rates.

Results obtained from the first stage ( without coagulants ) showed the average turbidity removal of 70% within detention time of 20 minutes and the smallest settled particle diameter of 0.0013 mm. At the second stage with coagulant matters, the average turbidity removal of 95% at the same detention time and the smallest settled particle size of 0.001 mm were obtained.

In conclusion, the suspended solid removal efficiency in High Rate Settling Tanks consisting of parallel and 60° inclined plate settlers was applicable and could be suggested for the rural and small communities living along the Karoon River.

# ارزیابی سودمندی تانک ته‌نشینی با بار هیدرولیکی زیاد جهت کاهش مواد جامد معلق رودخانه کارون با کمک ماده منعقدکننده و بدون آن

احمد رجبی‌زاده دارزینی * جواد تاجبخش تبار ** ناصر رازقی ***

## چکیده

این مطالعه به بررسی امکان استفاده از حوضچه‌های ته‌نشینی با بارهیدرولیکی زیاد[1] که تحت عنوان «طرحهای تیپ تأسیسات تصفیه آب»[2] برای جوامع روستایی و اجتماعات کوچک درکشورهای در حال توسعه، در نشریه شماره ۸ سازمان جهانی بهداشت، پیشنهاد شده است می‌پردازد. هدف از این مطالعه استفاده از حوضچه‌های فوق در طرحهای تأمین آب مشروب روستاهای حاشیه رودخانه کارون بر اساس شرایط کیفی رودخانه مذکور می‌باشد که به استناد مطالعه و مدل‌سازی انجام گرفته در دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران صورت گرفته است. حوضچه‌های ته‌نشینی با بار هیدرولیکی زیاد در مقایسه با تانکهای ته‌نشینی متعارف از مزایای زمان ماندکم سیال، راندمان بالای حذف مواد جامد معلق و نیز ارزانی هزینه ساخت برخوردار می‌باشند. این تحقیق در دو مرحله با و بدون کمک منعقدکننده و با استفاده از آب مصنوعی مشابه‌سازی شده بوسیله یک پایلوت از حالت بدون استقرار صفحه تا وضعیت چهار صفحه در حوضچه مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که حوضچه ته‌نشینی پیشنهادی در حضور ماده منعقدکننده قادر است بطور متوسط ۹۵٪ کدورت موجود در آب رودخانه را در مدت زمان ۲۰دقیقه حذف نماید.

* - فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد مهندسی محیط‌زیست دانشگاه تهران
** - عضو گروه مهندسی محیط زیست دانشگاه تهران
*** - استاد و مدیر گروه مهندسی محیط زیست دانشگاه تهران

1- High Rate Settling Tank
2- Modular Plants for Water Treatment



## مقدمه

عنوان ته‌نشین کننده‌های با بار هیدرولیکی زیاد برای تأسیسات ثقلی کم عمق و با زمان ماند حدود ۳۰ دقیقه وکاراتر در قیاس با حوض‌های ته‌نشینی متعارف که معمولاً با زمان ماند بیشتر از دو ساعت کار می‌کنند، به‌کار می‌رود.

حوضچه‌های ته‌نشینی سریع با بار هیدرولیکی زیاد در حقیقت نوعی ته‌نشین کننده ساده هستند که برای گرفتن مواد جامد معلق قابل ته‌نشینی موجود در آب، بدون کاربرد موادشیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. گرچه در صورت لزوم می‌توان از مواد شیمیایی هم برای کمک به ته‌نشینی ذرات معلق موجود در آب بهره گرفت. به علت زمان ماند کوتاه، ته‌نشین کننده‌های سریع با بار هیدرولیکی زیاد برای تأسیسات تصفیه فاضلاب فوق‌العاده مناسب می‌باشند. به عنوان مثال زمان ماندکوتاه در حوض ته‌نشینی نهایی در فرایند لجن فعال، امکان بوجود آمدن شرایط بیهوازی راکه برای میکروارگانیسمهای هوازی مضر می‌باشد از بین می‌برد [۲].

## ته‌نشین کننده‌های با بار هیدرولیکی زیاد

تأسیسات ته‌نشینی متعارف تقریباً یک سوم هزینه کل یک تصفیه‌خانه آب معمولی را به خود اختصاص می‌دهند [۳].

ته‌نشین کننده‌های سریع با بار هیدرولیکی زیاد، تأسیساتی هستند که برای کاهش هزینه‌های ته‌نشینی از طریق افزایش سطح ته‌نشینی و همچنین کاهش زمان ماند سیال در تصفیه‌خانه‌های آب به‌کار می‌روند. در اینگونه تأسیسات عمدتاً از لوله‌ها و یا صفحاتی که بصورت مورب و موازی در داخل حوضچه ته‌نشینی قرار می‌گیرند، جهت افزایش سطح ته‌نشینی استفاده می‌شود.

استقرار صفحات یا لوله‌ها در داخل حوضچه به صورت افقی و یا تحت زاویه می‌باشد. اساساً در نوع افقی زاویه استقرار صفحات یا لوله‌ها نسبت به افق کمتر از ۷/۵ درجه می‌باشد. در صورتی که در نوع زاویه‌ای محدوده زاویه ۴۵ تا ۶۰ درجه می‌باشد [۳].

نوع افقی، راندمان بهتر و نیز طول کمتری نسبت به نوع زاویه‌دار داشته و نوع زاویه‌دار شرایط عملکرد و بهره‌برداری بهتری را دارا می‌باشد. همچنین در نوع زاویه‌ای مزیت شستشوی خودبخودی جهت حذف ذرات بعد از ته‌نشینی وجود دارد ولی در نوع افقی شستشوی دوره‌ای جهت حذف ذرات ته‌نشین شده الزامی است. نوع زاویه‌دار تقریباً همیشه در شرایط پایدار عمل می‌کند، در حالیکه در نوع افقی به علت ته‌نشینی ذرات و سکون آنها سطح مقطع آبگذر کوچک شده و سرعت جریان افزایش می‌یابد و بنابراین در حالت پایدار عمل نمی‌کند. ایده ته‌نشینی کم عمق ( سریع ) ابتدا در سال ۱۹۰۴ میلادی بوسیله هیزن[1] بیان گردید و سپس توسط دیگران پیگیری شد تا اینکه امروزه تقریباً به صورتی گسترده مورد استفاده قرارگرفته و مدلهای مختلفی نیز جهت طراحی بهتر این نوع ته‌نشین کننده‌ها ارائه گردیده است. از مزایای ته‌نشین‌کننده‌های سریع با بار هیدرولیکی زیاد می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- صرفه‌جویی در زمین و هزینه‌های ساختمانی؛
- سادگی عملیات بهره‌برداری و نگهداری؛
- زمان ماندکم؛
- راندمان بالای حذف مواد جامد معلق.

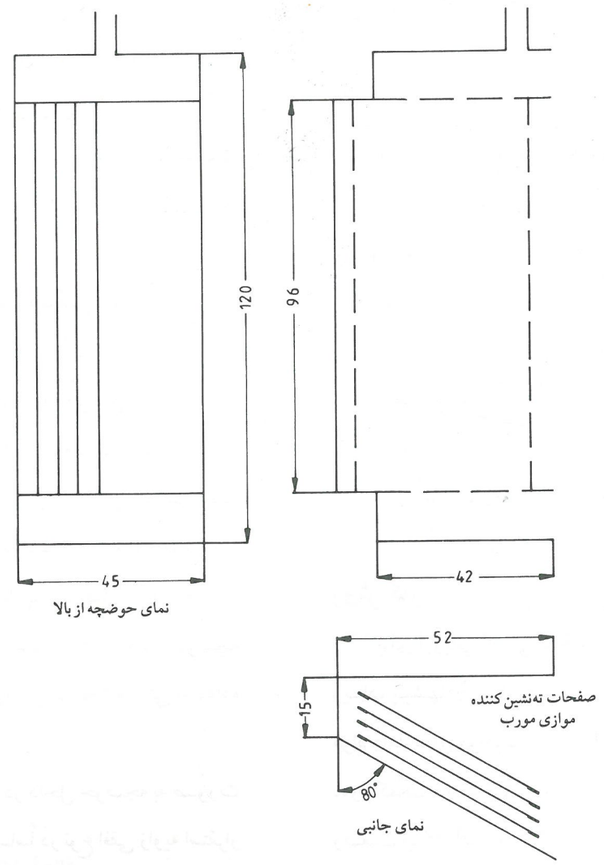
## روش کار

برای ارزیابی کارایی تانک ته‌نشینی با بار هیدرولیکی زیاد، پیشنهادی سازمان جهانی بهداشت، جهت کاهش موادجامد معلق موجود در رودخانه کارون در دو حالت با و بدون کمک ماده منعقدکننده، گام‌های زیر برداشته شد: ابتدا وضعیت تیرگی آب رودخانه کارون و دیگر خواص فیزیکی آن

1- Hazen

در طـی مـاههای مـختلف سـال بـررسی و سـپس نسـبت بـه جمع‌آوری رسوبات رودخانه فوق و انتقال به آزمایشگاه جهت مشابه‌سازی آب خام مورد نـیاز پـایلوت اقـدام شـد. هـمزمان مطالعه بر روی تـانک‌های تـه‌نشینی بـا بـار هـیدرولیکی زیـاد صورت گـرفته و آنگـاه نسبت بـه سـاخت مـدل هـیدرولیکی حوضچه ته‌نشینی بر اساس طرحهای پیشنهادی ( در طرحـهای پیشنهادی حوضچه ته‌نشینی از نوع صفحات مورب موازی و با زاویه استقرار ۶۰ درجه می‌باشد ) اقدام و سپس پایلوت سـاخته شده راه‌اندازی گردید ( شکل ۱ ).

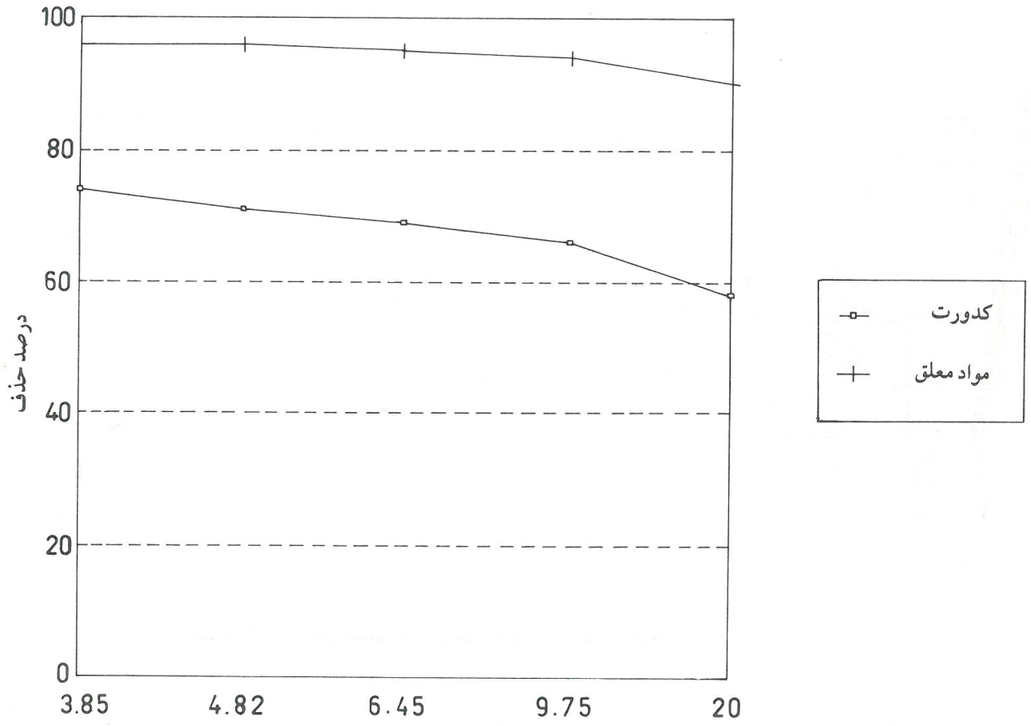
در مرحله اول راه‌اندازی ( بدون کمک ماده منعقدکننده ) ابتدا آب خام مورد نیاز پایلوت ( آب لوله کشی شهر تهران )، با کدورت مورد نظر مشابه‌سازی و آماده شـد. سـپس حـوضچه ته‌نشینی با بار هیدرولیکی زیاد از حالت بدون استقرار صفحه تا وضعیت چهار صفحه مورد آزمایش قرار گرفت. در هر مرتبه، از آب خام ورودی و نیز خروجی حوضچه جهت انـدازه گـیری میزان تیرگی و مواد جامد معلق نـمونه‌برداری صـورت گـرفت. همچنین از رسوبات کف حـوضچه تـه‌نشینی جـهت آزمـایش دانـه‌بندی و هـیدرومتری‌برای‌انـدازه گـیری کـوچکترین ذره ته‌نشین شده نمونه‌برداری گردید ( نمودار ۱ ).




شکل ۱ - نماهای حوض ته‌نشینی ساخته شده ( اندازه‌ها به سانتیمتر )



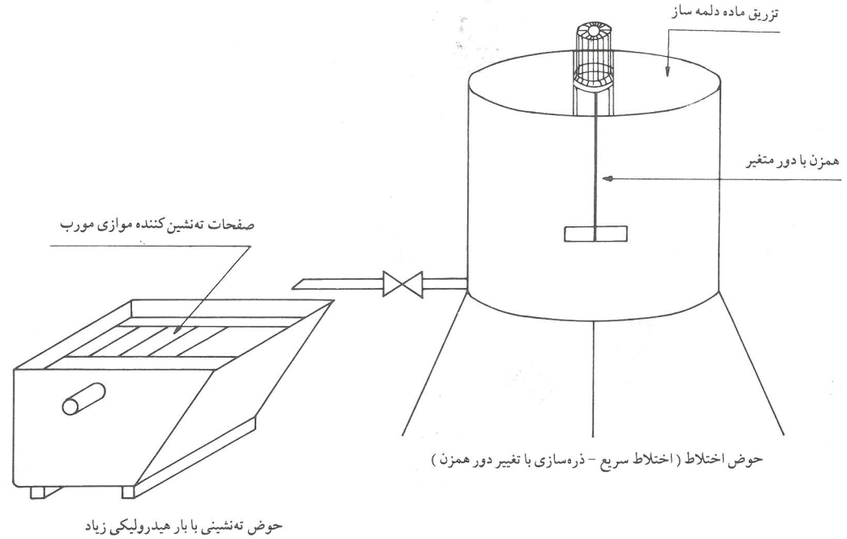
نمودار ۱ - راندمان حذف تیرگی و مواد معلق در حالت اول راه‌اندازی پایلوت




در مرحله دوم راه‌اندازی ( باکمک منعقدکننده ) به دلیل اینکه آب خام پایلوت با آب لوله کشی شهر تهران مشابه‌سازی گـردید، در آزمـایش جـارتست، pH ثابت و هـمان pH آب شهر تهران ( حدود ۸ ) بود، و بازاء سایر مشخصات آب مذکور و برای کدورتهای مختلف آزمایش جارتست صورت پذیرفت، و براساس نتایج حاصله، میزان مـاده مـنعقد کـننده کـلروفریک ( حدود ۱۰ میلی‌گرم در لیتر ) تعیین گردید [ ۱ ]. در پایلوت مورد استفاده واحد اختلاط سـریع، انـعقاد و تـولید ذره یک واحـد هـیدرولیکی است کـه بـا تـغیر هـمزن شـرایط انـعقاد و لخته‌سازی فراهم می‌گردد ( شکل ۱ )، و مـقدار G در قسـمت لخته‌سازی ۱ ۴۰ ۴۸۰ = GT مـی‌باشد. پس از انـجام عمل اختلاط سریع و لخته‌سازی، پایلوت مانند مرحله اول مورد آزمایش قرار گرفت ( نمودار ۲ ).

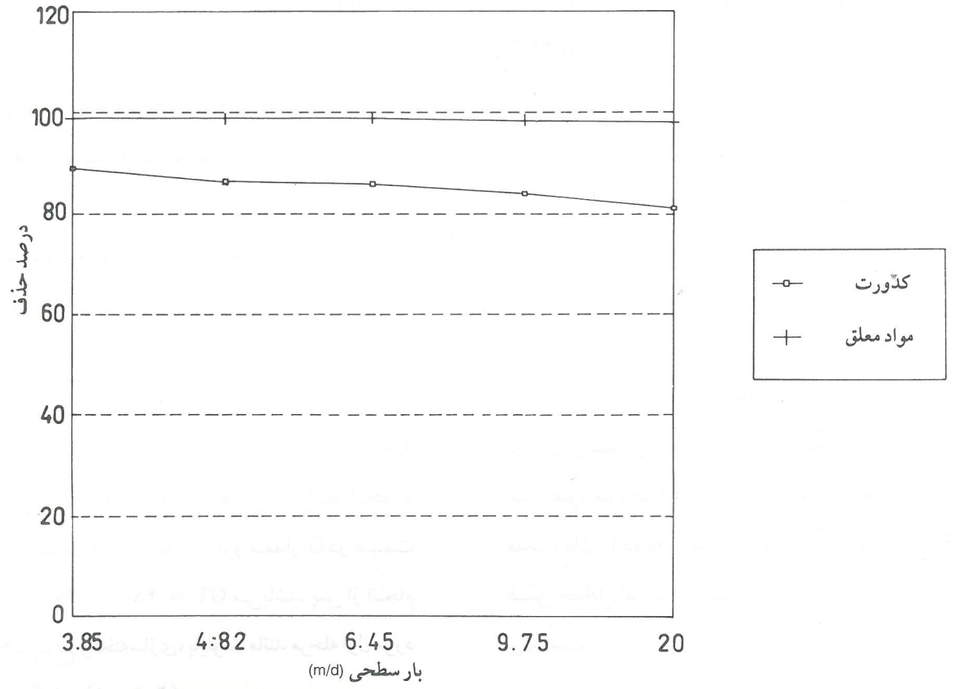
نـتایج حـاصل از راه‌انـدازی حـوضچه تـه‌نشینی بـا بارهیدرولیکی زیاد در مرحله اول مشخص نمود که با افـزایش تعداد صـفحات در حـوضچه تـه‌نشینی ( یـعنی افـزایش سـطح ته‌نشینی و کاهش بار سطحی ) راندمان حذف تیرگی و حـذف مواد معلق افـزایش چشـمگیری مـی‌یابد. خـلاصه‌ای از نـتایج حاصل از این مرحله در جدول ( ۱ ) ارائه شده است.

از مجموع نتایج این مرحله چنین بر می‌آید که حـوضچه ته‌نشینی پیشنهادی با توجه به وضعیت کیفی رودخانه کارون قادر است بطور متوسط ۷۰٪ کدورت موجود در آب رودخانه را در مدت زمان ۲۰ دقیقه در غیاب ماده منعقدکننده حذف نماید. در ضمن حداقل قطر ذره ته‌نشینی در این مرحله ۰/۰۰۱۳ میلیمتر بوده است.




**شکل ۲- مشخصات پایلوت به‌کار گرفته شده**

**نمودار ۲- راندمان حذف تیرگی و مواد معلق در حالت دوم راه‌اندازی پایلوت**





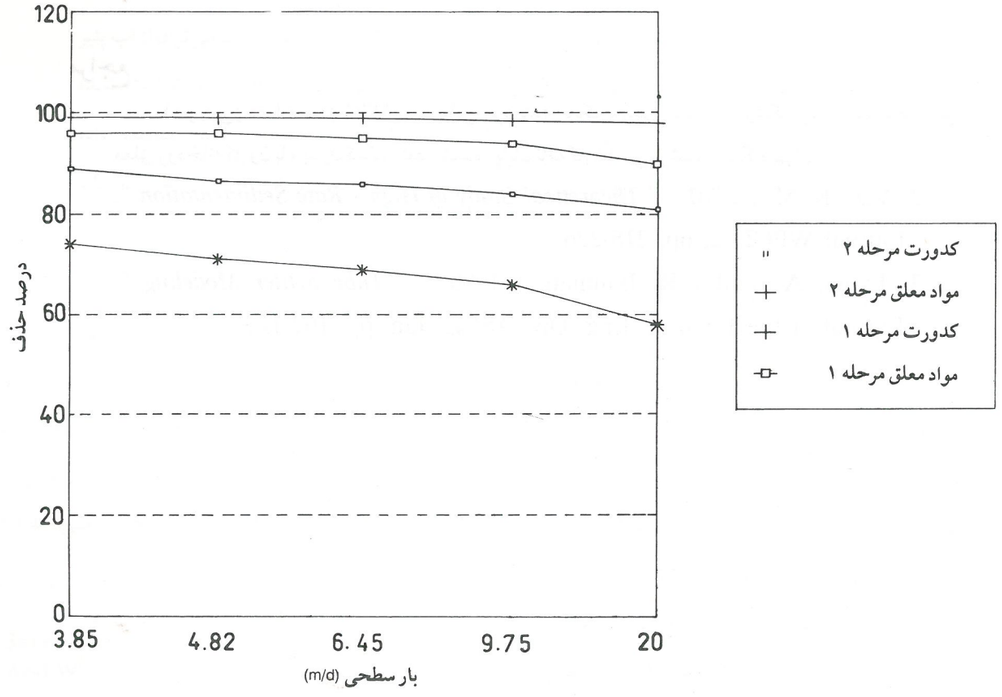

**جدول ۱- خلاصه نتایج مرحله اول راه‌اندازی**

| بار سطحی m/day | زمان ماند min | متوسط راندمان حذف تیرگی ( ٪ ) | متوسط راندمان حذف مواد معلق ( ٪ ) |
|---|---|---|---|
| ۲۰ | ۲۰ | ۵۸ | ۹۰ |
| ۹/۷۵ | ۲۰ | ۶۶ | ۹۴ |
| ۶/۴۵ | ۲۰ | ۶۹ | ۹۵ |
| ۴/۸۲ | ۲۰ | ۷۱ | ۹۶ |
| ۳/۸۵ | ۲۰ | ۷۴ | ۹۶ |

نتایج حاصل از راه‌اندازی پایلوت در مرحله دوم ( با کمک منعقدکننده ) نشان‌دهنده افزایش چشمگیر راندمان حذف تیرگی نسبت به حالت اول می‌باشد ( نمودار ۳ )، که خلاصه‌ای از نتایج حاصل از این مرحله در جدول ( ۲ ) ارائه شده است.

از مجموع نتایج این مرحله چنین بر می‌آید که حوضچه ته‌نشینی پیشنهادی در حضور ماده منعقدکننده ( بدون مزاحمتهایی که در حین آزمایش وجود داشت ) قادر است بطور متوسط ۹۵٪ کدورت موجود در آب رودخانه را در مدت زمان ۲۰ دقیقه حذف نماید. در ضمن حداقل قطر ذره ته‌نشین شده در این مرحله ۰/۰۰۱ میلیمتر بوده است.

**نمودار ۳- مقایسه دو حالت راه‌اندازی پایلوت**



جدول ۲ـ خلاصه نتایج مرحله دوم راه‌اندازی

| بار سطحی m/day | زمان ماند min | متوسط راندمان حذف تیرگی ( ٪ ) | متوسط راندمان حذف مواد معلق ( ٪ ) |
|---|---|---|---|
| ۲۰ | ۲۰ | ۸۱ | ۹۸ |
| ۹/۷۵ | ۲۰ | ۸۴ | ۹۸/۵ |
| ۶/۴۵ | ۲۰ | ۸۶ | ۹۹ |
| ۴/۸۲ | ۲۰ | ۸۶/۵ | ۹۹ |
| ۳/۸۵ | ۲۰ | ۸۹ | ۹۹ |

## نتیجه گیری

نتایج حاصل از راه‌اندازی حوضچه ته‌نشینی با بارهیدرولیکی زیاد ( پیشنهادی سازمان جهانی بهداشت ) مشخص نمود که این حوضچه‌ها از نقطه نظر حذف تیرگی و مواد معلق نسبت به تانک ته‌نشینی متعارف برتری قابل ملاحظه‌ای دارند. ضمن تأیید بکارگیری سیستم فوق در پروژه‌های تأمین آب مشروب روستاها و اجتماعات کوچک حاشیه رودخانه کارون، متذکر می‌گردد که با توجه به اینکه تیرگی آب رودخانه کارون در بعضی از مواقع سال بسیار بالا می‌باشد، لازم است جهت بکارگیری صافی ماسه‌ای کند بعد از این حوضچه‌ها، پیش‌بینی لازم صورت گیرد و در مواقعی که از ماده منعقدکننده استفاده می‌شود با حفظ پیش ته‌نشینی مناسب امکان تعویض صافی ماسه‌ای تند با صافی ماسه‌ای کند وجود دارد.

## مراجع


۱- رجبی‌زاده، احمد. ( ۱۳۷۵ ). " ارزیابی سودمندی تانک ته‌نشینی با بار هیدرولیکی زیاد جهت کاهش مواد معلق رودخانه کارون با و بدون کمک منعقدکننده " پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

2- Yao, K. M. ( 1970 ). " ***Theoretical Study of High - Rate Sedimentation*** ", Journal WPCF, 2, pp. 218-226.

3- Fadel, A., and E.R. Bauman, ( 1990 ). " ***Tube Settler Modeling*** ", Journal of the Environ. Eng. Div. ASCE, Jan. pp. 107-123.