# حذف اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی از فاضلاب‌های شهری به وسیله صافی‌های چکنده در مقیاس پایلوت پلنت

دکتر کامران تقوی*

# Removal of biochemical oxygen demand from domestic wastewater with trickling filter in the scale of pilot plant

*K. Taghavi*

## Abstract

**Background :** *Biochemical oxygen Demand (BOD) is one of the most important indicator for wastewater pollution & applying biological methods for wastewater treatment, its value can be decreased to standard.*

**Objective :** *To survey BOD removal from domestic wastewater using trickling filrer pilot plant.*

**Methods :** *Pilot growth media was divided into three separate layers and natural ventilation was used. Pilot tests were performed in two separately phases. BOD tests were done according to winkler iodometry according to standard methods.*

**Findings:** *In the first phase of this study, according to 2.25 L/min hydraulic loading, 4.5 min detention time and influent BOD concentration of 278 mg/l the average BOD removal rate was 80 percent, while in the second phase with increasing hydraulic loading to 3.75 L/min according to 3.5 min detention time and 242 mg/l influent BOD, the rate of BOD removal was 68 percent.*

**Conclusion :** *In this research the filter was used during slow & intermediate rates. Increasing SOR to 60 percent and using the filter as intermediate rate, caused a decrease in average BOD removal to 12 percent. The quality of effluent in both methods was according to Iran EPA standards for land irrigation.*

**Keywords:** *Domestic Wastewater Treatment, Trickling Filter, BOD Removal, Low & Intermediate Rate*

## چکیده

**زمینه :** *اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD) از مهم‌ترین شاخص‌های درجه آلودگی فاضلاب است که با استفاده از روش‌های بیولوژیکی تصفیه فاضلاب می‌توان مقدار آن را تا حد استاندارد کاهش داد.*

**هدف:** *مطالعه به منظور بررسی حذف BOD از فاضلاب‌های شهری با استفاده از پایلوت صافی چکنده انجام شد.*

**مواد و روش‌ها:** *پایلوت مورد استفاده شامل یک محفظه فلزی استوانه‌ای شکل به قطر ۱ متر و ارتفاع مفید ۱/۸ متر و محیط رشد PVC بود که در تصفیه خانه صاحب قرانیه تهران مورد بهره برداری قرار گرفت و محیط رشد آن به سه لایه مختلف تقسیم بندی شد و هوادهی طبیعی مورد استفاده قرار گرفت. آزمایش‌های پایلوت در دو مرحله جداگانه انجام شد. اندازه‌گیری BOD به روش استاندارد شده یدومتری وینکلر انجام گرفت.*

**یافته‌ها:** *در مرحله اول مطالعه با توجه به بار هیدرولیکی ۲/۲۵ لیتر در دقیقه، زمان ماند ۴/۵ دقیقه و BOD ورودی ۲۷۸ میلی گرم در لیتر، میانگین حذف BOD معادل ٪۸۰ بود. در مرحله دوم تحقیق با افزایش بار هیدرولیکی به ۳/۷۵ لیتر در دقیقه با توجه به زمان ماند ۳/۵ دقیقه و BOD ورودی ۲۴۲ ملی گرم در لیتر، حذف BOD ٪۶۸ به دست آمد.*

**نتیجه‌گیری:** *در این مطالعه صافی طی دو مرحله کند و متوسط مورد بهره برداری قرار گرفت، افزایش بار سطحی (SOR) به میزان ٪۶۰ و بهره برداری صافی در بار سطحی متوسط، میانگین درصد حذف BOD را به میزان ٪۱۲ کاهش داده، ولی کیفیت پساب در هر دو حالت بهره برداری، مطابق استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست کشوری جهت آبیاری زمین می‌باشد.*

**کلید واژه‌ها:** *تصفیه فاضلاب شهری، صافی چکنده، حذف اکسیژن مورد نیاز شیمیایی، بار سطحی کند و متوسط*

* استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی گیلان

## مقدمه:

در غالب تصفیه خانه‌های فاضلاب کشورمان، فرآیند لجن فعال مورد استفاده قرار می‌گیرد و استفاده از سایر فرآیندها متداول نیست. پس از گذشت یک قرن از اکتشاف فرآیند صافی‌های چکنده، ضعف‌های اولیه این سیستم بهبود یافته و استفاده هر چه بیشتر آن، با توجه به محیط‌های رشد پلاستیکی رو به توسعه نهاده است. این سیستم مزایای مختلفی دارد، از جمله: استفاده از تهویه طبیعی، عدم نیاز به برگشت لجن و حداقل نیاز به بهره‌برداران و انرژی مصرفی.

با توجه به به مطالعات اندک انجام شده در مورد کاربرد صافی‌های چکنده برای تصفیه فاضلاب در کشورمان، این مطالعه به منظور بررسی حذف BOD از فاضلاب‌های شهری با استفاده از پایلوت صافی چکنده انجام شد.

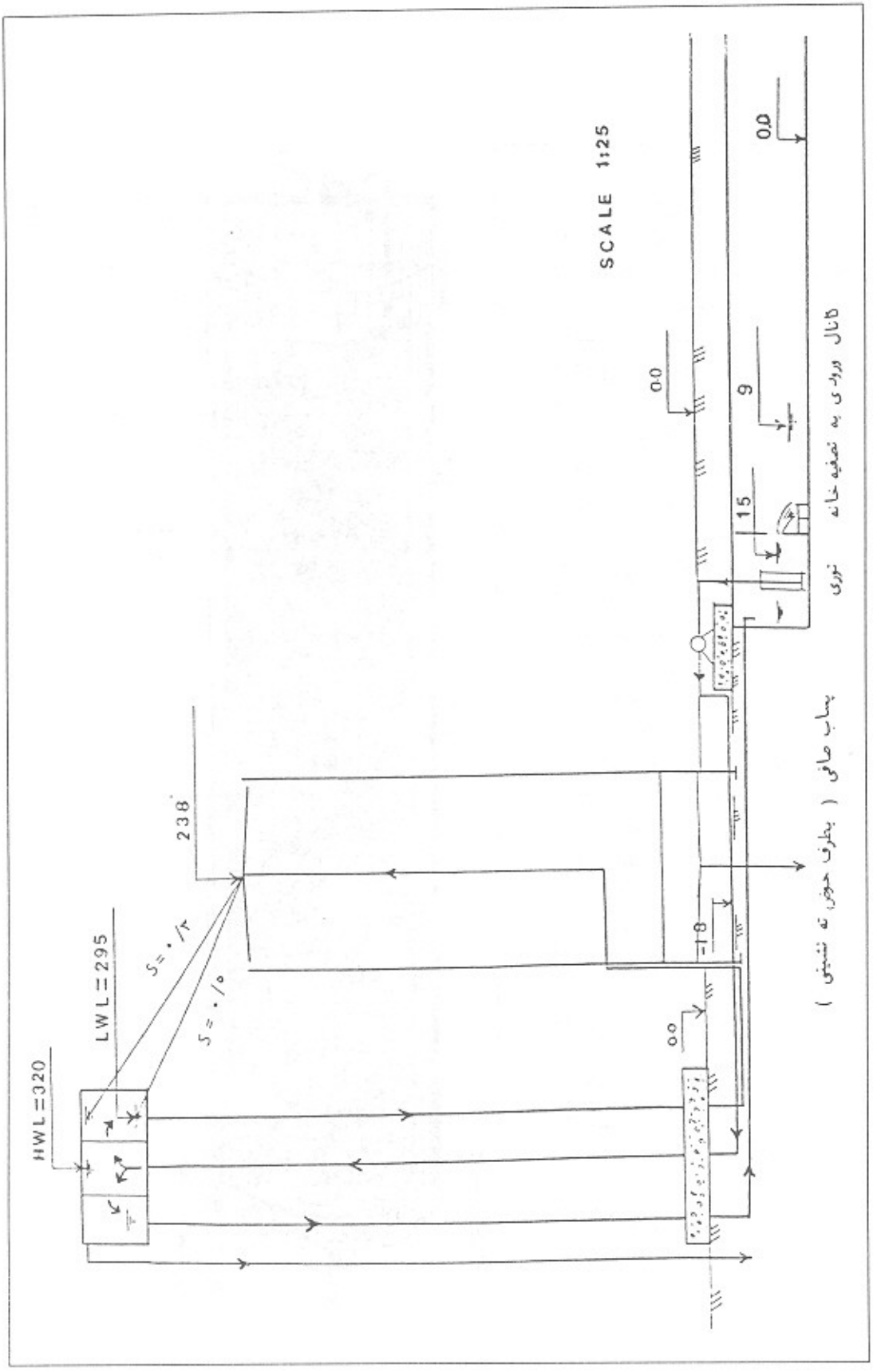
## مواد و روش‌ها:

در این تحقیق که با همکاری دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران و شرکت آب و فاضلاب تهران در تصفیه خانه فاضلاب صاحب‌قرانیه تهران در سال ۱۳۷۸ انجام شد، از یک محفظه استوانه‌ای شکل به قطر ۱ متر و ارتفاع کل ۲ متر از ورق آهن سفید به ضخامت ۳ میلی متر استفاده شد. فاضلاب ورودی به سیستم، پس از عبور از آشغالگیر، به وسیله یک پمپ با قدرت ۱ اسب، ابتدا در مخزن هوایی سه قسمتی، ذخیره و ته نشین می‌شد و سپس به صورت ثقلی به کمک یک لوله به قطر $\frac{3}{4}$ اینچ به رآکتور وارد می‌گردید. ظرفیت هر قسمت مخزن ۳۲ لیتر در نظر گرفته شد (شکل ۱). محیط رشد میکروبی مورد استفاده از جنس لوله‌های پولیکا در سه اندازه ۲/۵، ۳/۲ و ۴ سانتی متر با ارتفاع به ترتیب ۱۰، ۵۰ و ۱۲۰ سانتی متر به صورت مجزا از هم قرار داده شد (شکل ۲). خصوصیات فیزیکی محیط رشد مورد استفاده در جدول ۱ نشان داده شده است. فاضلاب پس از پخش از طریق یک بازوی گردان بر روی سطح صافی، سطوح داخلی و خارجی محیط‌های رشد را خیس می‌نمود و لایه میکروبی را بر روی محیط رشد تشکیل می‌داد.

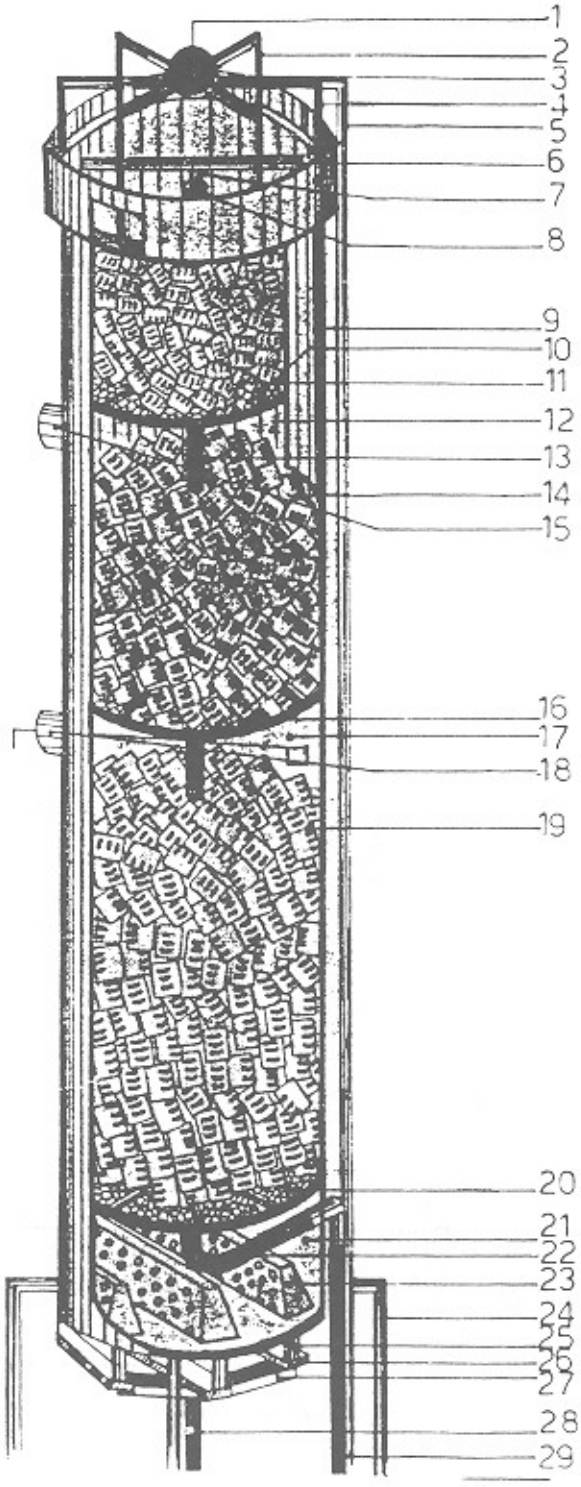
جدول ۱ :

مقایسه خصوصیات فیزیکی محیط رشد رآکتور صافی چکنده

| | | | |
|---|---|---|---|
| قطر لوله (میلی متر) | ۲۵ | ۳۲ | ۴۰ |
| طول لوله (متر) | ۶۰ | ۲۱۸ | ۴۷۰ |
| تعداد قطعات | ۱۲۰۰ | ۴۳۶۰ | ۹۴۰۰ |
| سطح محیط (متر مربع) | ۹/۴ | ۴۳/۶ | ۱۱۷/۵ |
| حجم محیط (متر مکعب) | ۰/۰۳ | ۰/۱۷۵ | ۰/۵۹ |
| سطح ویژه (متر مربع بر متر مکعب) | ۳۲۰ | ۲۵۰ | ۲۰۰ |
| ارتفاع محیط در رآکتور (متر) | ۰/۱ | ۰/۵ | ۱/۲ |
| درصد تخلخل محیط | ۷۶ | ۷۹ | ۸۱ |




شکل ۱- رابطه هیدرولیکی بین واحد ها




۱- سیستم پخش ثابت
۲ و ۴- پایه نگه دارنده
۳- خط مستقیم تغذیه از پمپ برای سیستم پخش ثابت
۵- محل استقرار سیستم پخش ثابت
۶- سیستم پخش گردان
۷ و ۱۳ و ۲۲-خط تغذیه بازوی گردان از مخزن هوایی
۸- بلبرینگ
۹- بدنه از جنس آهن گالوانیزه
۱۰ و۱۶و ۲۰-توری سیمی به منظور نگه داری محیط رشد
۱۱- محیط رشد کوچکPVC
( ارتفاع حدود ۱۰ سانتی متر )
۱۲- نخستین محل برداشت نمونه از لایه ۱
۱۴- محیط رشد متوسط PVC
( ارتفاع حدود ۵۰ سانتی متر )
۱۵- نخستین محل تهویه و برداشت نمونه
(به قطر تقریبی ۱۰ سانتی متر )
۱۷- دومین محل نمونه برداری
۱۸- دومین محل تهویه و نمونه برداری
( ظرفیت بشر نمونه برداری ۱۰۰ میلی لیتر )
۱۹- محیط رشد بزرگ PVC
( ارتفاع حدود ۱۲۰ سانتی متر )
۲۱- قسمت زهکشی
۲۳- پالونک زهکشی و تهویه کف
۲۴- پایه نگه دارنده پایلوت
۲۵- تسمه نگه دارنده کانال
۲۶- کانال فرعی جمع آوری
۲۷- کانال اصلی جمع آوری
۲۸- لوله جمع آوری پساب
۲۹- خط پمپاژ

شکل ۲- برش طولی پایلوت

( بدون مقیاس )

جداسازی انواع محیط رشد به وسیله صفحات توری مطابق شکل ۲ انجام گرفت و بین لایه‌های رشد فواصلی در حدود ۱۰ سانتی متر به منظور تهویه طبیعی و نمونه برداری در نظر گرفته شد.

پس از گذشت سه ماه از شروع به کار صافی و تثبیت رآکتور، نمونه برداری از پایلوت در ساعت‌های مختلف روز طی ماه‌های مرداد تا آبان انجام شد. در ماه اول سه روز در هفته از ورودی و خروجی، ماه دوم تمام ایام هفته از ورودی و خروجی لایه اول، دوم و سوم و در ماه‌های سوم و چهارم در مجموع به مدت یک هفته از ورودی و خروجی نمونه‌برداری شد. نمونه گیری در دو ماه اول به صورت دستی و در ماه‌های سوم و چهارم با دستگاه اتوماتیک انجام شد. پس از نمونه برداری بلافاصله دمای نمونه‌ها اندازه گیری می‌شد. با توجه به روش‌های استاندارد، آزمایش BOD کل و محلول انجام می‌شد.[۷] نمونه‌های BOD کل با رقت ۶/۵ در هزار بدون صافی نمودن و BOD محلول با رقت‌های ۱۶/۵ در هزار و ۲ درصد بعد از صاف نمودن با صافی فایبرگلاس GF/C کشت داده شدند. در شهریور ماه آزمایش اکسیژن محلول (DO) در محل تصفیه خانه انجام گردید. آزمایش‌های مربوط به BOD محلول در مرداد ماه انجام شد.

## ▣ یافته‌ها :

نتایج به دست آمده در شهریور ماه در جدول شماره ۲ نشان داده شده است. در فاز اول دبی ورودی ۲/۲۵ لیتر در دقیقه و میانگین اکسیژن محلول ($DO_{av}$) ۲/۶ میلی گرم در لیتر برای پساب و زمان ماند فاضلاب در صافی ۴/۵ دقیقه بود. در فاز دوم دبی ورودی ۳/۷۵ لیتر در دقیقه و میانگین اکسیژن محلول ۳ میلی گرم در لیتر در پساب صافی و زمان ماند فاضلاب نیز ۳/۵ دقیقه به دست آمد. میانگین درصد حذف BOD در مرحله اول ۸۰ درصد و در مرحله دوم ۶۸ درصد به دست آمد (جدول شماره ۳).

جدول ۲ :

نتایج حذف BOD در شهریور ماه ۱۳۷۸

| فاز اول | | | | فاز دوم | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تاریخ | ورودی | خروجی | درصدحذف | تاریخ | ورودی | خروجی | درصدحذف |
| ۷۸/۶/۵ | ۳۵۴ | ۶۲ | ۸۵ | ۷۸/۶/۱۴ | ۴۴۹ | ۱۲۸ | ۷۱ |
| ۷۸/۶/۵ | ۳۵۰ | ۷۸ | ۷۷ | ۷۸/۶/۱۷ | ۱۷۷ | ۶۱/۵ | ۶۵ |
| ۷۸/۶/۶ | ۳۷۱ | ۷۷ | ۷۹ | ۷۸/۶/۱۷ | ۱۶۹ | ۱۵ | ۹۱ |
| ۷۸/۶/۷ | ۵۷۱ | ۹۲ | ۸۴ | ۷۸/۶/۱۹ | ۳۵۱ | ۱۵۴ | ۵۶ |
| ۷۸/۶/۱۲ | ۱۳۸ | ۲۶ | ۸۱ | ۷۸/۶/۲۰ | ۱۱۷ | ۳۲ | ۷۲ |
| ۷۸/۶/۱۴ | ۱۰۴ | ۲۶ | ۷۵ | ۷۸/۶/۲۴ | ۱۹۲ | ۶۹ | ۶۴ |
| ۷۸/۶/۱۶ | ۱۴۲ | ۳۱ | ۷۸ | | | | |
| ۷۸/۶/۱۹ | ۱۹۷ | ۴۷ | ۷۶ | | | | |

جدول ۳ :

مقایسه کارآیی صافی چکنده در مرحله اول و دوم

| کارآیی صافی چکنده | مرحله اول | مرحله دوم |
|---|---|---|
| زمان ماند (دقیقه) | ۴/۵ | ۳/۵ |
| میانگین BOD ورودی (میلی‌گرم بر لیتر) | ۲۸۷ | ۲۴۲ |
| میانگین BOD خروجی (میلی‌گرم بر لیتر) | ۵۵ | ۷۶ |
| انحراف معیار | ۲۶ | ۵۴ |
| میانگین درصد حذف | ۸۰ | ۶۸ |

## ▣ بحث و نتیجه‌گیری :

این بررسی نشان داد وقتی SOR صافی از ۴/۱ $m^3/m^2.d$ به ۲/۷ $m^3/m^2.d$ افزایش یابد میانگین درصد حذف BOD به میزان ۱۲ درصد تقلیل پیدا می‌کند. البته کیفیت پساب در هر دو حالت بهره‌برداری مطابق استاندارد سازمان محیط زیست کشور و جهت آبیاری زمین قابل استفاده بود.

یافته‌های این مطالعه در بار سطحی متوسط، نتایج به دست آمده در مطالعه لوین را مورد تأیید قرار می‌دهد. (۳)

نظر به این که در این مطالعه از محیط رشد پلاستیکی با درصد تخلخل ۷۶ تا ۸۱ استفاده شد، عمل تهویه طبیعی و تأمین اکسیژن مورد نیاز بیوفیلم به خوبی انجام شد؛ به طوری که اکسیژن محلول پساب در محدوده ۲ تا ۳ میلی گرم در لیتر اندازه گیری شد که نشان دهنده فعالیت مطلوب میکروب‌های هوازی در بیوفیلم صافی بود.

با توجه به سهولت بهره برداری از راکتورهای با محیط رشد چسبنده، توصیه می‌شود استفاده از این نوع راکتورها برای تصفیه فاضلاب اجتماعات کوچک، مورد توجه هر چه بیشتر وزارت نیرو و جهاد کشاورزی قرار گیرد.

جهت افزایش کارآیی حذف BOD، به ویژه حذف بهتر ذرات معلق؛ کاهش خطر ناشی از انسداد روزنه‌های بازوی گردان صافی‌های چکنده، انسداد کامل صافی (Clogging) و ته نشینی هر چه بهتر پساب در شرایط خروج لخته‌های بیولوژیکی (Sloughing) که با توجه به شرایط بهره‌برداری صافی رخ می‌دهند، توصیه می‌شود قبل و بعد از صافی از حوض ته نشینی استفاده شود. همچنین چنان چه توجیه اقتصادی کافی وجود داشته باشد، می‌توان به منظور افزایش زمان ماند در صافی، پساب ته نشینی ثانویه را به طور مستقیم به صافی یا حتی حوض ته نشینی اولیه برگشت داد.

## ▣ سپاسگزاری:

بدین وسیله از همکاری جناب آقایان دکتر مصداقی نیا و مهندس بهاری کیا تشکر و قدردانی می‌شود.

## ▣ مراجع:

1. Anon . Contact aearation at rochester. New York. 1928; 59(9): 369-70

2. APHA, AWWA, WPCF. Standard methods for examintion of water & watsewater treatment. 17th ed, 1989,

3. Levine M et al. Observation on ceramic filter media and high rates of filteration. SWJ 1939; 8(5):

4. Logan E etal. A fundamental model for trickling filter process design. WPCFJ 1987;

*59(12): 1021-41*

*5. Morgan S et al. Retrofitting an exisiting tricking filter plant to BNR standard selfs point tasmania' first. Wat Sci Tech 1999; 39(6): 143-50*

*6. Parker DS et al. Effect of plastic media configuration on trickling filter performance. WPCFJ 1984; 56(8): 955-61*

*7. Phelps E. The principels of public health engineering. Mac Millan Co, 1925*