

## بررسی تصفیه فیزیکی و عملکرد هیدرولیکی فیلتر ژئوتکستایل در کاربرد پساب

زهرا امیری<sup>1</sup>، مهدی قیصری<sup>2\*</sup>، هومن صادقی نظر آبادی<sup>3</sup>

تاریخ دریافت: 1394/12/20 تاریخ پذیرش: 1395/5/13

### چکیده

هدف از این پژوهش بررسی امکان استفاده از فیلتر ژئوتکستایل برای کاهش مواد معلق پساب، به منظور استفاده در سیستم آبیاری قطره‌ای بود. برای این منظور یک جعبه فلزی با شش لایه فیلتر ژئوتکستایل طراحی و ساخته شد. آزمایش‌ها در چهار ارتفاع سطح پساب تا زمان گرفتگی فیلترها انجام شد. شاخص دبی خروجی از سیستم فیلتراسیون، ارتفاع سطح پساب بین لایه‌های ژئوتکستایل و کل مواد معلق پساب ورودی و خروجی از سیستم فیلتراسیون در زمان‌های معین اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که سرعت گرفتگی فیلتر ژئوتکستایل به عوامل فیزیکی و بیولوژیکی بستگی دارد. هم-چنین نتایج نشان داد که روند تغییرات دبی و افت سطح پساب نسبت به زمان حین عبور از لایه ژئوتکستایل یکسان و مستقل از عامل گرفتگی است. اما زمان گرفتگی بستگی به پارامترهای کیفی پساب داشت. روند تغییرات دبی نسبت به زمان در ابتدا سریع و خطی و با گذشت زمان روند آرام‌تر و لگاریتمی بود. برای ارتفاع سطح پساب 70 سانتی‌متر، میزان دبی پس از 27 دقیقه از شروع آزمایش 8/83 لیتر بر ثانیه بر متر و پس از 56 دقیقه از شروع آزمایش 3/47 لیتر بر ثانیه بر متر بود. در این تحقیق روابطی برای شبیه‌سازی دبی عبوری و میزان افت سطح پساب ( $RMSE=9.6\%$ ,  $R^2=0.867$ ) و گرفتگی سیستم فیلتراسیون و افت سطح پساب ( $RMSE=0.773\text{Lit/s/m}$ ,  $R^2=0.968$ ) توسعه داده شد که نتایج ارزیابی دقت مدل‌ها را تایید می‌کند.

واژه‌های کلیدی: پساب شهری، تصفیه، ژئوتکستایل، مدل‌سازی، هیدرولیک

### مقدمه

مهم‌ترین جزء سیستم فیلتراسیون در کاربرد پساب می‌باشد. انباشته شدن توده‌زیستی و مواد معلق در سطح فیلتر شنی باعث گرفتگی فیلتر شنی می‌شود (Montgomery., 1985) و مشکلات نگهداری و شستشو را دربر دارد. لذا کاهش بار مواد معلق قبل از ورود به سیستم فیلتر شنی و یا جایگزین نمودن یک فیلتر دیگر با همان کارایی می‌تواند مفید باشد.

ژئوستنیک‌ها با پیشرفت صنعت پتروشیمی و با استفاده از انواع پلیمرها ساخته شده‌اند و در طرح‌های آب و خاک مورد استفاده و استقبال کارشناسان قرار گرفته است. به طور کلی مواد ژئوستنیک را می‌توان به دو گروه نفوذپذیر و نفوذناپذیر تقسیم کرد که در مجموع به زیر گروه‌های: ژئوتکستایل‌ها، ژئوممبران‌ها، ژئوگریدها، ژئونت‌ها، ژئوفوم‌ها، ژئوسل‌ها، ژئوکمپوزیت‌ها، ژئواسترپ‌ها، رس-ژئوستنیک-ها و ژئوپایپ‌ها تقسیم می‌گردند (رحیمی و همکاران، 1383).

ژئوتکستایل‌ها براساس ویژگی‌های فیزیکی (جرم مخصوص، جرم واحد سطح، ضخامت و انعطاف‌پذیری)، مکانیکی (دوام، مقاومت کششی، مقاومت به سوراخ‌شدگی و شکافتگی و مقاومت به گسیختگی) و هیدرولیکی (اندازه خلل و فرج، نفوذپذیری و قابلیت انتقال) کاربردهای مختلفی دارند. نوع ژئوتکستایل براساس نوع کاربرد، شرایط و محل استفاده انتخاب می‌شوند (حسن اقلی و لیاقت،

امروزه با افزایش جمعیت و رشد صنعت، آب‌های غیرمترعارف به عنوان منبع کمکی در بخش کشاورزی و صنعت، برای کاهش مصرف آب می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. استفاده از آبیاری قطره‌ای در کاربرد پساب مشکلات بهداشتی، آلودگی گیاه و کاربر را کاهش می‌دهد (Pescod., 1990, Oron et al., 1999). اما در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای مشکل عمده گرفتگی قطره‌چکان‌ها به دلیل عوامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی است (Nakayama and Bucks., 1991). لذا لازم است که پساب قبل از استفاده در سیستم آبیاری قطره‌ای تصفیه شود تا مشکلات ناشی از گرفتگی در قطره‌چکان‌ها کاهش یابد (Adin and Elimelech., 1989). در سیستم آبیاری قطره‌ای معمولاً از فیلترهای هیدروسیلکون، فیلتر توری، فیلتر دیسکی و فیلتر شنی استفاده می‌شود (علیزاده، 1388). فیلتر شنی به عنوان

1- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

2- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

3- فارغ التحصیل کارشناسی، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

(Email: gheysari@cc.iut.ac.ir)

\*- نویسنده مسئول:

آزمایش‌های مربوط به این طرح در محل تصفیه‌خانه پساب دانشگاه صنعتی اصفهان انجام گرفت. تصفیه‌خانه پساب دانشگاه شامل دو لاگون می‌باشد. فاضلاب قبل از ورود به لاگون‌ها آشغال-گیری شده و در لاگون اول هوادهی می‌شود و سپس به لاگون دوم برای ته‌نشینی منتقل می‌شود. آزمایشات این طرح در قسمت خروجی لاگون دوم (خروجی تصفیه‌خانه) صورت گرفت. برای انجام آزمایش، جعبه‌ای از جنس آهن طراحی و ساخته شد که نقشه آن در شکل 2 آورده شده است. جعبه داری 8 جای ریل و 8 عدد قاب بود که قاب‌ها به‌صورت ریلی و عمود بر کف جعبه، قرار می‌گرفتند. ژئوتکستایل‌ها ابتدا در قاب مخصوص نصب و سپس داخل جعبه فلزی قرار داده شدند. برای جلوگیری از عبور آب از درزهای کناری از چسپ آکوارיום برای آب‌بندی استفاده شد. شماتیک سیستم طراحی شده در شکل 3 آمده است.



شکل 1- نصب و کارگذاری فیلتر ژئوتکستایل PPV 6.5

در این طرح پساب پس از عبور از شش لایه ژئوتکستایل، از محفظه فیلتراسیون خارج شد. هم‌چنین برای قرائت ارتفاع سطح پساب قبل از لایه‌های مختلف ژئوتکستایل، 6 عدد پیزومتر روی دیواره طولی جعبه نصب گردید. قبل از لایه اول ژئوتکستایل از یک توری 2 میلی‌متری به عنوان آشغال‌گیر و هم‌چنین از یک سریز آهنی به منظور کاهش آشفتگی جریان ورودی به جعبه استفاده شد. آزمایش تا کاهش حدود 70 الی 80 درصد دبی خروجی (Akram and Kotha., 2002) که به عنوان درصد گرفتگی فرض شد، ادامه یافت. تیمارهای آزمایشی چهار ارتفاع 40، 50، 60 و 70 سانتی‌متری سطح پساب قبل از لایه اول ژئوتکستایل ثابت نگه داشته می‌شد و با گذشت آزمایش ارتفاع سطح پساب قبل از لایه‌های مختلف ژئوتکستایل، دبی خروجی از جعبه فیلتراسیون و غلظت کل مواد معلق پساب ورودی و خروجی

(1383). عبور سیال اعم از آب یا پساب از فیلتر ژئوتکستایل با توجه به وجود خلل و فرج با اندازه معین در ژئوتکستایل، باعث گرفته شدن خلل و فرج ژئوتکستایل و کاهش آب‌گذری ژئوتکستایل می‌شود. به‌طور کلی می‌توان علت گرفته شدن فیلتر ژئوتکستایل را در سه عامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی بیان نمود (Korkut et al., 2006, Palmeira et al., 2007). میزان مواد معلق موجود در سیال، که با پارامتر کل مواد معلق بیان<sup>1</sup> می‌شود، و میزان جلبک و مواد آلی، باعث کاهش نفوذپذیری و آب‌گذری فیلتر ژئوتکستایل می‌گردد (Hoogerdendorn and Van der Meulen., 1977, Cancelli and Cazuffi., 1987). گرفتگی بیولوژیکی فیلتر ژئوتکستایل با افزایش توده زیستی<sup>2</sup> تشکیل شده، رابطه مستقیم دارد (Palmeira et al., 2007). به‌طوری که حدود 70 تا 100 درصد آب‌گذری فیلتر ژئوتکستایل با رشد بیولوژیکی کاهش می‌یابد (Koerner and Koerner., 1990). هم‌چنین برخی از ژئوتکستایل‌ها علاوه بر کاهش غلظت مواد معلق و کاهش اکسیژن‌خواهی شیمیایی و زیستی<sup>3</sup>، محیطی را برای رشد میکروارگانیسم‌ها و ایجاد توده‌زیستی فراهم می‌کنند (Koerner., 1993). عملکرد مؤثر ژئوتکستایل در حذف 50 تا 70 درصد مواد معلق و کاهش 70 تا 90 درصد اکسیژن‌خواهی شیمیایی از پساب (Akram and Kotha., 2002, Korkut et al., 2006) گزارش شده است.

هدف از این پژوهش بررسی کارایی تصفیه فیزیکی فیلتر ژئوتکستایل، ظرفیت تصفیه سیستم و گرفتگی فیلتر در حین عبور پساب بود. از آنجا که مطالعه زیادی در این زمینه صورت نگرفته است، لذا در این طرح کلیات کارایی فیلتر، از جمله مقدار تصفیه فیزیکی آن، نحو و زمان گرفتگی فیلتر و خصوصیات هیدرولیکی جریان از قبیل آب‌گذری، پروفیل سطح آب و تغییرات آن‌ها، مورد بررسی قرار گرفت.

## مواد و روش‌ها

ژئوتکستایل‌ها از الیاف پلی‌پروپیلن و یا پلی‌استر و به دو صورت کلی بافته شده و بافته نشده، به صورت صفحات نفوذپذیر تولید می‌شوند. در ژئوتکستایل بافته شده الیاف به هم بافته می‌شوند و در ژئوتکستایل بافته نشده توده‌ای از الیاف با استفاده از حرارت، چسپ-های شیمیایی یا فشار مکانیکی بهم اتصال می‌یابد (رحیمی و همکاران، 1383). در این طرح از ژئوتکستایل بافته نشده سوزنی سوزنی شده، استفاده گردید (شکل 1). مشخصات ژئوتکستایل در جدول 1 آمده است.

1 - Total Suspended Solids

2 - Biomass

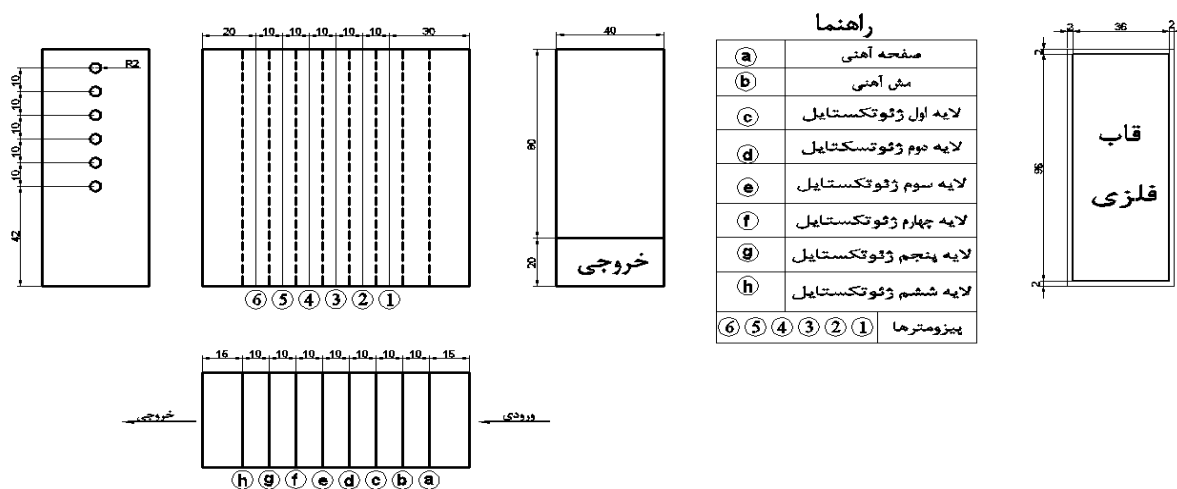
3 - Chemical and Biological Oxygen Demand

شد و 60 درصد داده‌های مربوط به دبی خروجی سیستم فیلتراسیون و با استفاده از نرم‌افزار Mathworks.Matlab.R2013a، زیر برنامه MBC Model Fitting رابطه میان افت کل ارتفاع پساب در سیستم فیلتراسیون، دبی خروجی از سیستم و میزان گرفتگی سیستم فیلتراسیون برای تیمارهای آزمایشی شبیه‌سازی و با استفاده از مابقی داده‌ها، روابط مورد ارزیابی قرار گرفت.

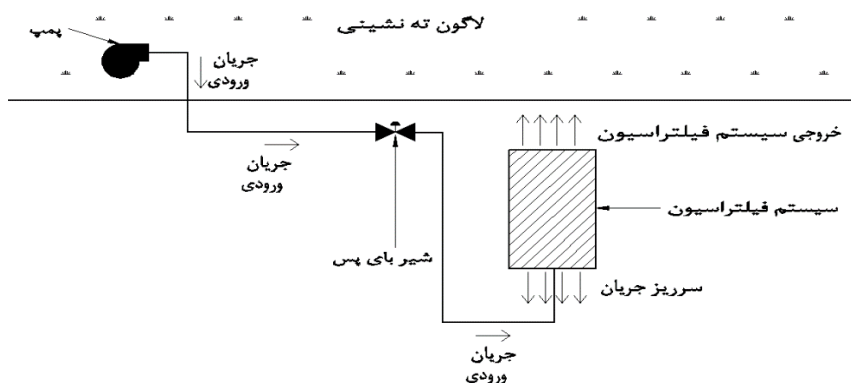
اندازه‌گیری شدند. جریان پساب خروجی از جعبه فیلتراسیون، به صورت جریان آزاد و بدون هیچ گونه محدودیتی بود و از حداکثر آگذری لایه‌های ژئوتکستایل استفاده گردید. نمونه‌برداری از پساب برای اندازه‌گیری غلظت مواد معلق در حین آزمایش، از پساب ورودی به سیستم فیلتراسیون و پساب خروجی از سیستم فیلتراسیون انجام و سپس طبق روش ASTM D5907 در آزمایشگاه، غلظت مواد معلق اندازه‌گیری شد. هم‌چنین با استفاده از 60 درصد داده‌های برداشت شده از ارتفاع سطح پساب که به وسیله پیژومترهای نصب شده، انجام

جدول 1- مشخصات ژئوتکستایل مورد استفاده در طرح

نام	جنس	نوع	جرم در واحد سطح	ضخامت	مقاومت کششی	مقاومت در برابر پارگی	اندازه منافذ ظاهری	محل تولید ژئوتکستایل
			گرم بر مترمربع	میلی متر	نیوتن	نیوتن	میلی متر	
PPV 6.5	پلی پروپیلن	سوزن سوزن شدنی	700	4/8	2300	1100	0/09	شرکت ناروین گستر پارسیان - تهران - ایران



شکل 2- نقشه جعبه فیلتراسیون و قاب‌های استفاده شده (ابعاد به سانتی‌متر است)

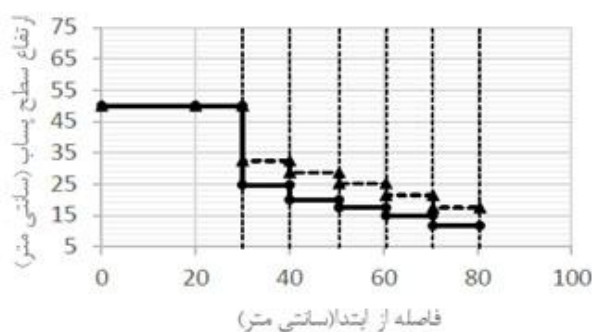


شکل 3- شماتیک سیستم طراحی شده

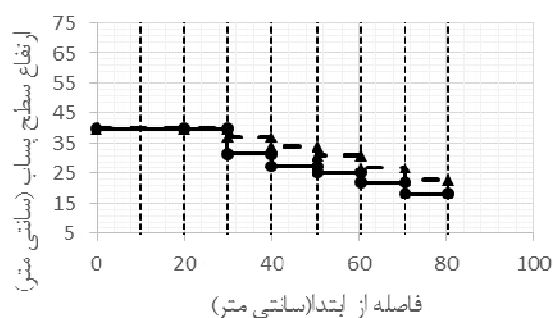
## نتایج و بحث

21، 39، 50/5 و 41 درصد ارتفاع پساب قبل از فیلتر بود. افت سطح پساب برای لایه اول بیش تر از لایه دوم تا ششم بود. به طوری که افت سطح پساب در لایه دوم تا ششم به طور متوسط برای ارتفاعهای 40، 50، 60 و 70 سانتی متری به ترتیب 13/7، 13/4، 18/8 و 22 سانتی متر بود. تفاوت زیاد بین افت سطح پساب در لایه اول با سایر لایه ها دلالت بر گرفتگی بیش تر در لایه اول و نقش مؤثر این لایه دارد.

پروفیل سطح پساب در تیمارهای آزمایشی با استفاده از قرائت های انجام شده از پیژومترها رسم شد و در شکل 4، 5، 6 و 7 آورده شده است. اختلاف ارتفاع سطح پساب، قبل و پس از لایه اول ژئوتکستایل تحت تأثیر هد پساب قبل از لایه اول بود. به طوری که برای ارتفاعهای 40، 50، 60 و 70 سانتی متری افت سطح پساب به ترتیب 8/5، 25/5، 23/5 و 29 سانتی متر بود که این اختلاف ارتفاع

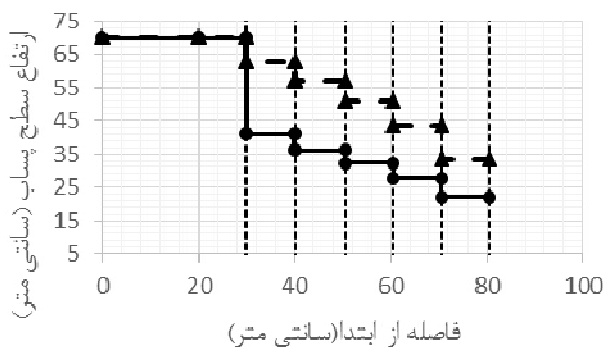


شکل 5- پروفیل سطح پساب در تیمار 50 سانتی متری در ابتدا و انتهای آزمایش

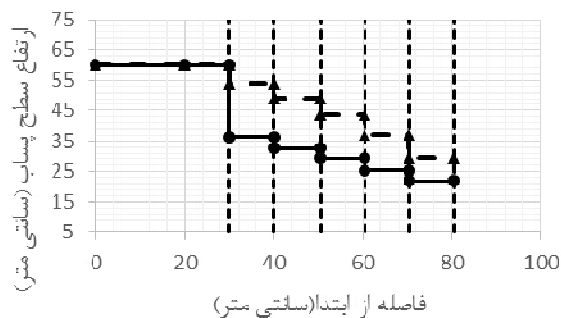


شکل 4- پروفیل سطح پساب در تیمار 40 سانتی متری در ابتدا و انتهای آزمایش

---▲--- ابتدای آزمایش      ●--- انتهی آزمایش لایه ژئوتکستایل



شکل 7- پروفیل سطح پساب در تیمار 70 سانتی متری در ابتدا و انتهای آزمایش



شکل 6- پروفیل سطح پساب در تیمار 60 سانتی متری در ابتدا و انتهای آزمایش

(Cazzuffi., 1987) نیز جذب مواد معلق و در نتیجه آن گرفتگی فیزیکی ژئوتکستایل را گزارش کردند. درصد جذب مواد معلق برای ارتفاع سطح پساب 40، 50، 60 و 70 سانتی متر به ترتیب برابر 7/2، 45/5، 86 و 17 درصد بود (جدول 2). علت این امر گرفتگی فیزیکی لایه اول ژئوتکستایل در ابتدای آزمایش بود. لذا چنانچه ملاحظه گردید در تمامی تیمارهای آزمایشی، با افزایش گرفتگی سیستم

با توجه به شکل 8 مشاهده می شود که 50 درصد گرفتگی فیلتر در ارتفاعهای مورد آزمایش در 43 درصد زمان گرفتگی کامل رخ داده است. این نتیجه بیان می کند که بیش ترین گرفتگی فیلتر در لایه اول در ابتدای شروع به کار فیلتر رخ می دهد. غلظت پساب ورودی و خروجی نشان از کاهش کل مواد معلق جامد است که جذب مواد معلق سبب گرفتگی فیلتر شده است. سایر محققان (Cancelli and

ژئوتکستایل بافته نشده استفاده شد، نتایج نشان داد که دبی خروجی از فیلتر به صورت نمایی کاهش پیدا می کند (Akram and Kotha., 2002). همچنین روند مشابهی بین دبی و زمان در تصفیه پساب توسط فیلترهای غشایی به دست آمده است (Kyllonen et al., 2005, Zhang et al., 2014).

لحظه‌ای که سرعت کاهش دبی، کاهش پیدا می کند یا به عبارتی روند تغییرات دبی تغییر پیدا می کند، نقطه‌ی بسیار مهم در امر طراحی فیلتر ژئوتکستایل می باشد. در جدول 3 لحظه‌ای که روند کاهش دبی (افزایش گرفتگی سیستم) تغییر می کند، آورده شده است. ملاحظه می گردد که در تیمارهای 50، 60 و 70 سانتی متری، درصد گرفتگی متناظر با تغییر روند کاهش دبی، در یک محدوده نزدیک بهم (53 تا 60 درصد) بود اما در تیمار 40 سانتی متری تغییر روند ذکر شده در درصد گرفتگی کم تری (25 درصد) رخ داد. علت این امر می تواند متفاوت بودن عامل گرفتگی فیلتر باشد که به طور کامل مورد بحث قرار گرفت.

هم چنین از شکل 8 و جدول 3 نتیجه شد که روند هیدرولیکی تغییرات دبی در همه تیمارهای آزمایشی یکسان است اما زمان متناظر با روند تغییرات هیدرولیکی، در تیمارها یکسان نبود. علت این امر متغیر بودن عامل گرفتگی فیلترها می باشد (Hoogerdorn and Van der Meulen., 1977, Adin and Elimelech., 1989, Korkut et al., 2006, Palmeira et al., 2007). در ضمن علت تغییر روند تغییرات دبی را می توان تحت تأثیر گرفته شدن فیلتر و کاهش دبی عبوری دانست (Cancelli and Cazzuffi., 2002, Akram and Kotha., 1987). و در نتیجه کاهش حجم پساب عبوری از ژئوتکستایل باعث می شود که مواد کم تری جذب فیلتر ژئوتکستایل شده و سرعت گرفتگی فیلتر کاهش یابد. هم چنین در شکل 9 رابطه بین اختلاف ارتفاع سطح پساب، قبل از لایه اول ژئوتکستایل تا قبل از لایه ششم ژئوتکستایل (افت کل ارتفاع سطح پساب) و میزان گرفتگی سیستم فیلتراسیون ارائه شده است. ملاحظه شد که هرچه ارتفاع پساب قبل از لایه اول ژئوتکستایل بیش تر باشد، برای گرفتگی یکسان، افت کل ارتفاع سطح پساب بیش تر بود. لازم به ذکر است که برآورد مقدار افت سطح پساب قبل و بعد از لایه‌های ژئوتکستایل در محاسبه نیروی وارده بر ژئوتکستایل، در مرحله طراحی بسیار مهم است و این مقدار نیرو نباید از حداکثر مقاومت ژئوتکستایل بیش تر باشد.

نتایج نشان داد که رابطه‌ای میان میزان گرفتگی سیستم فیلتراسیون و افت کل ارتفاع سطح پساب وجود داشت. با استفاده از 60 درصد داده‌های برداشت شده مدل توسعه داده شد و با استفاده از بقیه داده‌ها مدل برازش داده شده مورد ارزیابی قرار گرفت (RMSE= 9.6%,  $R^2=0.867$ ).

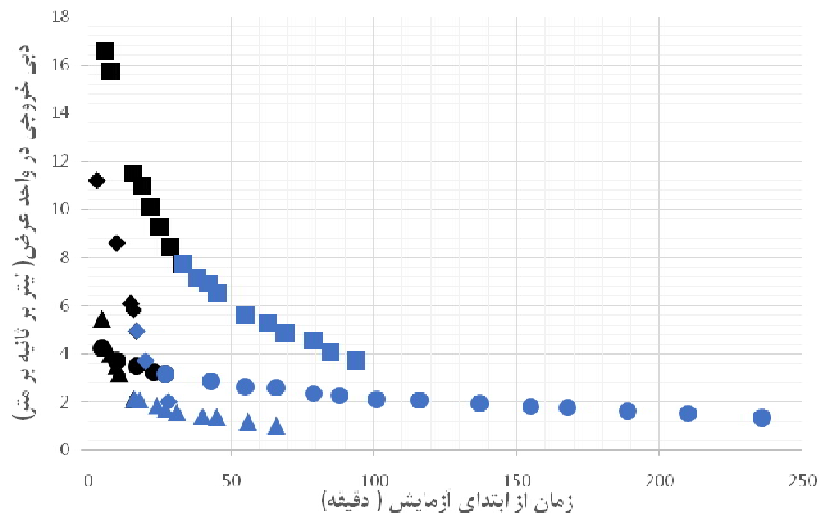
فیلتراسیون، اختلاف ارتفاع سطح پساب، قبل و پس از لایه ژئوتکستایل افزایش یافت. گرفتگی فیلتر تحت تأثیر عبور سیال از سطح متخلخل و بدام افتادن ذرات معلق قبلاً گزارش شده است (Redner and Datta., 2000).

رابطه مشخصی (در محدوده مواد معلق مورد آزمایش در سیستم فیلتراسیون مورد آزمایش) بین زمان گرفتگی و غلظت مواد معلق جذب شده توسط فیلتر وجود نداشت و افزایش یا کاهش غلظت مواد معلق جذب شده توسط فیلتر، تأثیر به سزایی در زمان گرفتگی فیلتر ژئوتکستایل نداشت. علت این امر را می توان در دو مورد دانست:

الف) تنها عامل گرفتگی فیلتر ژئوتکستایل، عامل فیزیکی نبود و متغیر بودن سایر پارامترهای کیفیت پساب از جمله اکسیژن خواهی زیستی و اکسیژن خواهی شیمیایی حین آزمایش می تواند دلیل متفاوت بودن زمان گرفتگی باشد. کوئرر و کوئرر در مورد کاربرد فیلتر ژئوتکستایل برای زهکشی بیان کردند 70 تا 100 درصد آب گذاری فیلتر ژئوتکستایل با رشد بیولوژیکی کاهش می یابد که این موضوع می تواند در گرفتگی فیلتر ژئوتکستایل در تصفیه پساب نیز رخ دهد (Koerner and Koerner., 1990). هم چنین مطالعه‌ای که در کاربرد ژئوتکستایل بافته نشده تحت جریان شیرابه‌ای انجام شد، نشان داد که عامل بیولوژیکی باعث گرفتگی فیلتر ژئوتکستایل می شود که این امر می تواند در تصفیه پساب به وسیله فیلتر ژئوتکستایل نیز رخ دهد (Palmeira et al., 2008). در پژوهشی تصفیه پساب به وسیله ژئوتکستایل انجام شد، نتایج نشان داد که فیلتر ژئوتکستایل محیطی را برای رشد میکروارگانیسم‌ها و تجزیه ترکیبات کربن دار و نیتروژن دار در سطح فیلتر فراهم می کنند و لذا رشد بیولوژیکی روی سطح فیلتر ژئوتکستایل نیز باعث گرفتگی فیلتر می شود (Korkut et al., 2006). نتایج سایر محققان، نتایج بدست آمده در این طرح را تایید می کنند.

ب) می توان بیان کرد که غلظت مواد معلق صرفاً برای بیان گرفتگی فیزیکی فیلتر ژئوتکستایل کافی نمی باشد، چراکه نحوه‌ی توزیع اندازه ذرات معلق نقش بسزایی در گرفتگی فیلتر دارد. در پژوهشی که در مورد گرفتگی قطره چکان‌ها به وسیله پساب صورت گرفت، مشخص گردید که اندازه ذرات معلق نسبت به غلظت مواد معلق تأثیر بیش تری در گرفتگی قطره چکان‌ها دارد (Adin and Sacks., 1991).

در شکل 8 روند کاهش دبی خروجی از سیستم فیلتراسیون نسبت به زمان آورده شده است. مشاهده می شود که با گذشت زمان، سرعت کاهش دبی (افزایش گرفتگی فیلتر ژئوتکستایل) کاهش یافت. به طوریکه تا حد مشخصی سرعت کاهش دبی (سرعت افزایش گرفتگی فیلتر) به صورت خطی و سریع، و پس از آن به صورت آرام تر و لگاریتمی بود. روابط برازش داده شده بر روند تغییرات دبی در جدول 3 آورده شده است. در آزمایشی که برای تصفیه پساب توسط فیلتر



شکل 8- روند تغییرات دبی خروجی در واحد عرض برای سیستم فیلتراسیون با گذشت زمان

جدول 2- میانگین غلظت مواد معلق در حین آزمایش در ورودی و خروجی و میزان جذب مواد معلق توسط فیلتر

تیمار	غلظت مواد معلق ورودی	غلظت مواد معلق خروجی	غلظت مواد معلق جذب شده در فیلتر	زمان گرفتگی %70
سانتی متر	میلی گرم در لیتر	میلی گرم در لیتر	میلی گرم در لیتر	دقیقه
70	54/1±3/9	50/2±4/6	3/9±1/2	69
60	6/6±1/6	3/6±2/3	3/0±0/7	20
50	40/6±8/4	5/5±5/9	35±2/4	31
40	68/2±6/0	56/7±2/2	11/5±7/7	236

جدول 3- روابط برازش داده شده بر روند تغییرات دبی خروجی در واحد عرض برای سیستم فیلتراسیون با گذشت زمان

تیمار	قسمت ابتدایی نمودار	قسمت انتهایی نمودار
سانتی متر	ضریب تبیین	ضریب تبیین
70	0/96	0/99
60	0/99	0/99
50	0/95	0/99
40	0/92	0/99

جدول 4- زمان و درصد گرفتگی متناظر با تغییر روند کاهش دبی برای تیمارهای آزمایش

تیمار	زمان روند تغییرات	گرفتگی متناظر با روند تغییرات
سانتی متر	دقیقه	%
70	33	53
60	17	56
50	16	60
40	27	25

در مدل شماره 1، پارامتر C نشان دهنده گرفتگی سیستم فیلتراسیون

$$C = 146.6 \times h_1 + 1097.7 \times (h_6 - h_1)^2 - 206.2 \times h_1^2 - 4136.6 \times (h_6 - h_1)^2 \quad (1)$$

بیشترین زمان گرفتگی در نظر گرفته شود، می‌توان با استفاده از روابط 1 و 2 سیستم فیلتراسیون را طراحی نمود.

### نتیجه گیری

نتایج نشان داد که رفتار هیدرولیکی سیستم برای تمامی تیمارها از روند خاصی پیروی می‌کند و مستقل از زمان گرفتگی می‌باشد. زمان گرفتگی متغیر و بستگی به کیفیت پساب داشت. هم‌چنین سرعت گرفتگی در ابتدای تصفیه سریع و سپس شیب ملایم‌تری را طی می‌کند. افت سطح پساب در بین لایه‌های ژئوتکستایل نشان از اهمیت لایه اول در هنگام تصفیه می‌باشد.

### تشکر و قدردانی

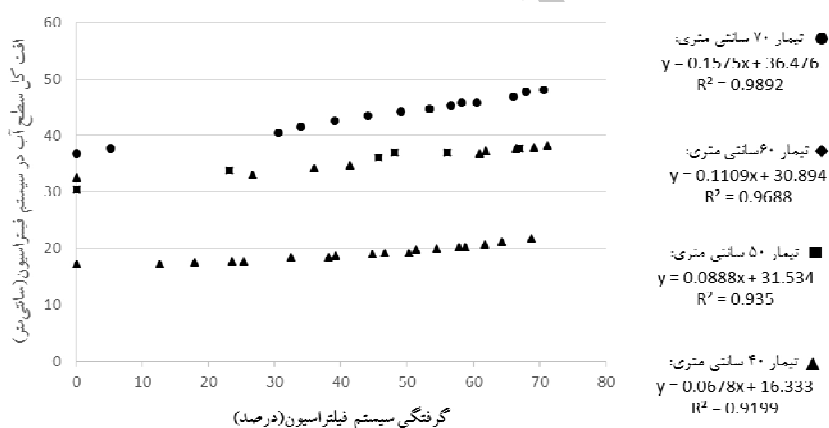
بدین وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه صنعتی اصفهان برای تأمین اعتبار پژوهشی طرح و شرکت ناروین گستر پارسایان به دلیل تأمین فیلترهای ژئوتکستایل مورد نیاز طرح سپاسگزاری می‌شود.

(درصد)،  $h_1$  ارتفاع سطح پساب قبل از لایه اول ژئوتکستایل (متر)،  $h_6$  ارتفاع سطح پساب قبل از لایه ششم ژئوتکستایل (متر) است. با توسعه دادن این رابطه می‌توان میزان گرفتگی سیستم را بدون اندازه‌گیری دبی برآورد کرد که برای مشخص کردن زمان فرارسیدن شستشوی فیلتر مفید می‌باشد.

هم‌چنین رابطه میان کل افت ارتفاع سطح پساب در سیستم فیلتراسیون و دبی خروجی از سیستم فیلتراسیون برای تیمارهای آزمایشی مدل‌سازی شد. رابطه 2 با ضریب تبیین بالا ( $R^2=0.968$ ) و ریشه میانگین مربعات خطا پایین ( $RMSE=0.773\text{Lit/s/m}$ ) ارزیابی شد.

$$q=683.5 \times h_1 \times h_6^3 \quad (2)$$

در رابطه 2، پارامتر  $q$  نشان‌دهنده دبی خروجی در واحد عرض برای سیستم فیلتراسیون (لیتر بر ثانیه بر متر)،  $h_1$  ارتفاع سطح پساب قبل از لایه اول ژئوتکستایل (متر)،  $h_6$  ارتفاع سطح پساب پشت لایه ششم ژئوتکستایل (متر) است. کاربرد این رابطه برای تخمین دبی خروجی سیستم فیلتراسیون در مرحله طراحی نیاز می‌باشد. از آنجا که برای طراحی سیستم فیلتراسیون لازم است تا کم‌ترین سطح فیلتر به همراه



شکل 9- رابطه بین افت کل ارتفاع سطح پساب و میزان گرفتگی سیستم فیلتراسیون

wastewater irrigation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 115:3.474-487.

Adin,A and Sacks,M. 1991. Dripper-clogging factors in wastewater irrigation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 117:6.813-826.

Akram,M.H and Kotha,K.K. 2002. Removal of suspended solids from municipal wastewater using geotextile columns. International Conference on Environmental Engineering. 21-24 July. Niagara Falls, Ontario, Canada.

Cancelli,A and Cazzuffi,D. 1987. Permeability of Geotextiles in the Presence of Water and Polluted Fluids. Proceedings of Geosynthetics. 87:2.471-481.

### منابع

حسن اقلی،ع و لیاقت،ع. 1383. کاربرد پوشش‌های زمین بافت در زهکشی، سومین کارگاه فنی زهکشی. 23 مهرماه.

علیزاده،ا. 1388. طراحی سیستم‌های آبیاری (جلد دوم)، انتشارات دانشگاه امام رضا، 368 ص.

رحیمی،ح، قبادی‌نیام، و احمدی،ح. 1383. کاربرد مواد ژئوسنتیک به عنوان زهکش زیر پوشش کانال‌ها، کارگاه سیستم زهکشی زیر پوشش کانال‌ها. 26 آذرماه.

Adin,A and Elimelech,M. 1989. Particle filtration for

- Montgomery, J.M. 1985. *Water Treatment: Principles and Design*, John Wiley and Sons, NY.
- Nakayama, F.S and Buks, D.A. 1991. Water quality in drip/trickle irrigation: a review. *Irrigation Science*. 12:4.187-192.
- Oron, G., Campos, C., Gillerman, L and Salgot, M. 1999. Wastewater treatment, renovation and reuse for agriculture irrigation in small communities. *Agriculture Water Management*. 38:3.223-234.
- Palmeira, E.M., Remigio, A.F.N., Ramos M.L., GandBernardes, R.S. 2007. A study on biological clogging of nonwoven geotextiles under leachate flow. *Geotextile and Geomembranes*. 26:3.205-219.
- Pescod, M.B. 1992. Wastewater treatment and use in agriculture. *Fao, Irrigation and Drainage Paper*. 47:113.
- Render, S and Datta, S. 2000. Clogging time of a filter. *Physical Review Letters*. 84:26.6018-6121.
- Rodgers, M., Mulqueen, J and Healy, M.G. 2004. Surface clogging in an intermittent stratified sand filter. *Soil Science Society of America Journal*. 68:6.1827-1832.
- Zhang, Q., Xu, R., Xu, P., Chen, R., He, Q., Zhong, J and Gu, X. 2014. Performance study of ZrO<sub>2</sub> ceramic micro-filtration membranes used in pretreatment of DMF wastewater. *Desalination*. 346:2014.1-8.
- Hoogerdendorn, A and Van der Meulen, T. 1977. Preliminary Investigation on Clogging of Fabrics. *Proceedings of the 1st International Conference on Geotextiles*. Paris, France.
- Korkut, E.N., Martin, J.P and Yaman, C. 2006. Water treatment with biomass attached to porous geotextile baffles. *Journal of Environmental Engineering*. 132:2.284-288.
- Koerner, G.R. 1993. Performance evaluation of geotextile filters used in leachate collection systems of solid waste landfills, Ph.D. Thesis, Drexel University.
- Koerner, G.R and Koerner, R.M. (R. M. Koerner, Ed). 1990. Biological activity and potential remediation involving geotextile landfill leachate filters, *Geosynthetics testing for waste containment applications*, ASTM STP 1081, American Society for Testing and Materials, Philadelphia.
- Kyllönen, H.M., Pirkonen, P.M. 2005. Membrane filtration enhanced by ultrasound. *Desalination*. 181:1-3.319-335.
- Kyllonen, H., Pirkonen, P., Nystrom, M., Jokinen, J.N and Gronroos, A. 2006. Experimental aspects of ultrasonically enhanced cross-flow membrane filtration of industrial wastewater. *Ultra sonics Sonochemistry*. 13:2006.295-302.

Archive



## Investigation of Physical Filtration and Hydraulic Performance of Geotextile Filters under Wastewater application

Z. Amiri<sup>1</sup>, M. Gheysari<sup>2\*</sup>, H. Sadeghi-Nazarabadi<sup>3</sup>

Recived: Mar.12, 2016

Accepted: Aug.03, 2016

### Abstract

The aim of this study was to investigate the feasibility of the use of geotextile filters to decrease suspended materials of wastewater to use in trickle irrigation systems to perform the experiment, a metal box was designed and made. Experimental treatments included four wastewater heads which were continued until clogging occurred. Outflow index, wastewater heads between geotextile layers, influent and effluent TSS (Total Suspended Solids) from filtration system were measured at specific times. The results showed that clogging rate of geotextile filters depends on physical and biological parameters. Furthermore, these results indicate that flow rate variation and wastewater head loss were the same while passing the geotextile layers and was independent of the clogging factor. However, the clogging time was related to the parameters of the swage quality. The flow rate trend variation versus time was linear with dramatic change at the beginning of experiment. However, after a while, it became logarithmic and slow. The decrease in flow rate for the 70-cm height of wastewater head was 8.83 lit/s/m until 27 minutes of the beginning of the experiment and 3.47 lit/s/m at 56 minutes of the end of experiment, respectively. In this study, some equations were developed to model the flow rate and wastewater head loss (RMSE= 9.6%,  $R^2=0.86$ ), clogging of the filtration system and wastewater head loss ( $R^2=0.968$  RMSE=0.773Lit/s/m). Our results confirmed the accuracy of the models.

**Keywords:** Municipal sewage, Treatment, Geotextile, Modeling, hydraulic

1-M.S. Student in Drainage and Irrigation, Water Engineering Department, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Iran

2-Associate Professor, Water Engineering Department, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Iran

3-Former B.S. Student, Water Engineering Department, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Iran

(\*- Corresponding Author Email: gheysari@cc.iut.ac.ir)