

## اثر بلوغ اولیه صافی روی بازده حذف کیست زیار دیا و ارائه روشی برای بهبود

- \* دکتر عبدالله رشیدی مهرآبادی  
\*\* دکتر ناصر رازقی  
\*\*\* دکتر علی اکبر عظیمی  
\*\*\*\* دکتر ایرج موبدی  
\*\*\*\*\* دکتر علی ترابیان

### چکیده

فرایند فیلتراسیون دارای الگویی مشخص است. ابتدا به دلیل عدم آمادگی سطوح مصالح، بستر صافی برای جذب ذرات مقادیری از ذرات از صافی عبور می نمایند و کیفیت آب خروجی نامناسب خواهد بود. پس از چند دقیقه سطح مصالح آماده، جذب شده و اصطلاحاً صافی بالغ می گردد. پس از بلوغ صافی کیفیت آب خروجی بهبود یافته و تقریباً تا انتهای دوره عملکرد صافی ثابت باقی می ماند. در این تحقیق با استفاده از پایلوت آزمایشگاهی شامل واحد تهیه آب خام، انعقاد، لخته سازی و دو نوع صافی تک لایه و سه لایه اثر بلوغ اولیه<sup>(۱)</sup> روی بازده حذف کیست زیار دیا<sup>(۲)</sup> بررسی گردید. نتایج به دست آمده مشخص نمود که متوسط تعداد کیست خروجی در دوران بلوغ صافی چندین برابر متوسط تعداد کیست خروجی در کل دوره عملکرد صافی می باشد. همچنین مشخص شد با افزودن دو میلی گرم در لیتر کلروفریک به آب شست و شوی صافی در مرحله آبکشی بهبود چشمگیری در کیفیت آب خروجی ایجاد شده و دوران بلوغ بسیار کوتاه خواهد شد.

### کلید واژه

فیلتراسیون، بلوغ صافی، کیست زیار دیا، لخته سازی، آب خام.

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۲/۷/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۳۸۲/۱/۲۰

- \* عضو هیئت علمی گروه آب و فاضلاب، موسسه فناوری آب و نیرو.  
\*\* استاد مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران.  
\*\*\* استادیار مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران.  
\*\*\*\* دانشیار نماتدولوژی دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران.  
\*\*\*\*\* دانشیار مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران.

## سرآغاز

فرایند فیلتراسیون دارای یک الگوی مشخص می باشد. همان گونه که در شکل شماره (۱) نشان داده شده است، در آغاز کار صافی، تعداد زیادی از ذرات معلق از بستر صافی عبور می نمایند و کیفیت آب خروجی از صافی به دلیل عبور ذرات نامناسب می باشد (Trimboli, 2001). بتدریج در مدتی بین چند دقیقه تا یکی دو ساعت افزایش چشمگیری در ضریب فیلتراسیون (۸) و در نتیجه در بهبود کیفیت آب خروجی مشاهده می گردد. به این مرحله از ابتدای فیلتراسیون تا رسیدن به بهترین کیفیت خروجی، مرحله بلوغ صافی اطلاق می شود (Huisman, 1986).

پس از این مرحله، یک دوره پایدار طولانی مدت با کیفیت نسبتاً ثابت آغاز می گردد که به آن دوره یکنواخت یا پایدار (۳) گفته می شود. در نهایت در پایان رسوب و تجمع ذرات روی مصالح بستر، صافی باعث کاهش حجم تخلخل و افزایش سرعت واقعی جریان از بین مصالح می شود. این افزایش سرعت با جلوگیری از ته نشینی و جذب مواد جدید و کندن و حرکت دادن مواد تجمع یافته قبلی موجب عبور مواد و کاهش مجدد کیفیت آب صاف شده می گردد. این مرحله را مرحله خروج یا فرار ذرات (۴) می نامند.

همان گونه که بیان گردید در مرحله نخست، فیلتراسیون بخشی از ذرات از صافی ها عبور و در نتیجه کدورت آب خروجی افزایش می یابد. با توجه به اینکه حجم آب با کدورت بالا نسبت به کل حجم آب تصفیه شده در یک دوره عملکرد صافی ناچیز می باشد، اغلب بهره برداران صافی ها توجه چندانی به این دوران ندارند (رشیدی، ۱۳۸۱).

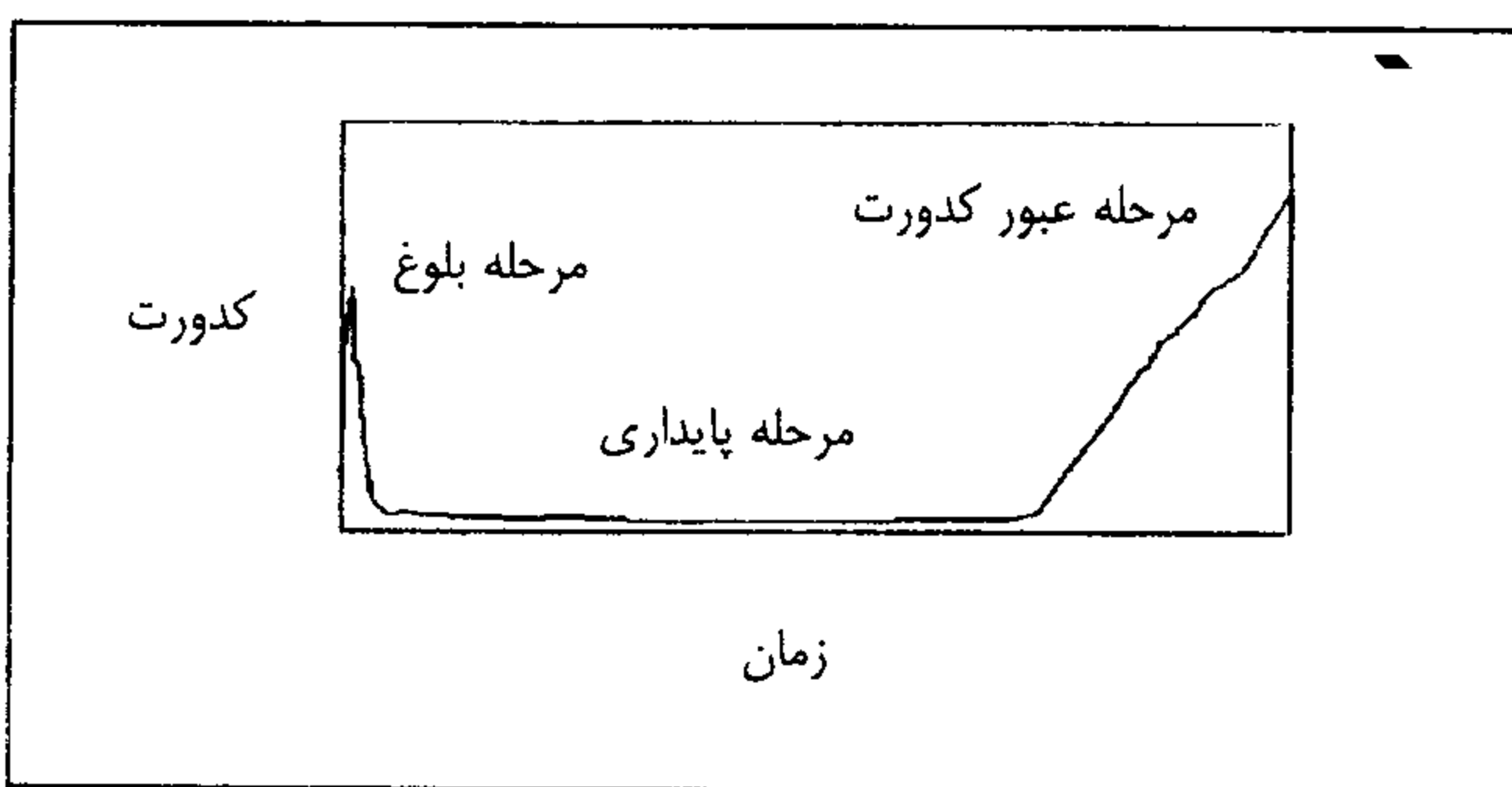
مشکلاتی که در سالهای اخیر توسط برخی عوامل بیماریزای مقاوم به گندزدایی، مانند کیست ژیا ردیا و اووکیست کریپتوزاسپریدیوم (۵) به وجود آمده، توجه محققان را به کیفیت آب در مرحله بلوغ صافی ها جلب نموده است (رشیدی و فاضلی، ۱۳۸۱). تحقیقات امیرتاراجه (Amirtharajah and Wetstein, 1980 & Amirtharajah, 1988) منجر به ایجاد مدلی با دو پیک برای این مرحله گردید:

پیک اول که بسیار کوتاه مدت است، ناشی از باقی ماندن ذرات در بستر صافی در مرحله شست و شوی معکوس است،

لیکن پیک دوم ناشی از عبور ذرات به دلیل عدم آمادگی سطح مصالح بستر صافی برای جذب می باشد. پس از تشکیل لایه ژلاتینی روی سطح مصالح بستر، بر اثر عبور آب حاوی مواد منعقدکننده و تجمع یک لایه از ذرات، بستر کاملاً بالغ و آماده جذب سایر ذرات می گردد. طول دوره بلوغ بستگی به نرخ فیلتراسیون، کدورت آب ورودی و میزان مواد منعقدکننده تزریقی دارد.

با توجه به کاهش کیفیت آب خروجی در این دوره، مطالعاتی به منظور بررسی میزان عبور عوامل میکروبیولوژی بیماریزا توسط برخی محققان صورت پذیرفته است. تحقیقاتی که توسط پاتانیا و همکارانش (Patania, 1996) انجام پذیرفت، مشخص کرد که میزان حذف کریپتوزاسپریدیوم در مرحله بلوغ بین ۶۰ تا ۸۷ درصد کمتر از حالت پایدار است.

همان گونه که بیان گردید، برخی از عواملی که امکان عبور آنها از صافی طی دوره بلوغ صافی وجود دارد، همانند کیست ژیا ردیا و یا اووکیست کریپتوزاسپریدیوم نسبت به گندزدایی با کلر در غلظت های متداول مقاوم می باشند. بنابراین بررسی پتانسیل عبور این عوامل از صافی ها و روشهای جلوگیری از عبور آنها دارای اهمیت ویژه ای خواهد بود. به همین منظور طی مجموعه ای آزمایش، بازده حذف کیست ژیا ردیا توسط دو نوع صافی تک لایه و سه لایه در نرخ های فیلتراسیون (۶) متفاوت مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه، ابتدا روش کار، سپس نتایج حاصل ارائه می گردد.



شکل شماره (۱): الگوی کدورت خروجی از یک صافی تند در طول دوره عملکرد (Trimboli, 2001)

## ابزار و روش تحقیق

این تحقیق با استفاده از مطالعات پایلوت انجام پذیرفت.

دوم سه لایه<sup>(۹)</sup> یا صافی با بستر مخلوط<sup>(۱۰)</sup> است. مشخصات مصالح به کار رفته در آنها به شرح جدول شماره (۱) می باشد. شایان ذکر است، با توجه به لزوم حفظ لایه بندی در صافی سه لایه پس از شست و شوی معکوس، سرعت شناورسازی هر سه لایه می باید یکسان باشد. بدین منظور با استفاده از رابطه (۱) با داشتن دانسیته مصالح موردنظر و انتخاب قطر ماسه سیلیس، قطر سایر مصالح محاسبه گردیده است.

جدول شماره (۱): مشخصات مصالح بستر صافی ها

ردیف	نوع صافی	جنس مصالح	چگالی حجمی (gr/cm <sup>3</sup> )	اندازه موثر (mm)	عمق بستر (cm)
۱	تک لایه	ماسه سیلیس	۲/۶۲	۰/۶۰	۸۵
۲	سه لایه	آنتراسیت	۱/۶۰	۱/۱۶	۴۰
		ماسه سیلیس	۲/۶۲	۰/۶۰	۲۵
		گارنت	۴/۰۰	۰/۳۹	۱۰

$$\frac{d_1}{d_2} = \left( \frac{\rho_2 - \rho_w}{\rho_1 - \rho_w} \right)^{0.667} \quad (1)$$

در این رابطه،  $d_1$  و  $d_2$  قطر و  $\rho_1$  و  $\rho_2$  دانسیته غیرهمجنس مصالح صافی می باشند.  $\rho_w$  نیز دانسیته آب است. در مسیر خروجی هر صافی یک جعبه مجهز به شناور به منظور کنترل نرخ فیلتراسیون نصب گردیده بود.

جمع آوری و آنالیز نمونه ها برای کیست ژیا ردیا بر اساس روش 9711-B کتاب روشهای استاندارد آزمایش آب و فاضلاب<sup>(۱۱)</sup> انجام گرفت. همچنین کدورت نیز با روش استاندارد (ASTM-D-1889-94)<sup>(۱۲)</sup> اندازه گیری می گردید. بر اساس روش 9711-B، برای جمع آوری نمونه های کیست ژیا ردیا از کارتریج فیلترهایی از جنس پلی پروپیلن<sup>(۱۳)</sup> با قطر روزنه یک میکرومتر استفاده گردید. کارتریج های موردنظر به خروجی هر صافی پس از جعبه کنترل نرخ متصل بود.

به منظور تعیین اثر بلوغ اولیه صافی، ابتدا بازده حذف کیست توسط دو نوع صافی، طی دوره عملکرد کامل در سه نرخ فیلتراسیون ۵، ۱۰ و ۱۵ متر در ساعت مورد بررسی قرار گرفت.

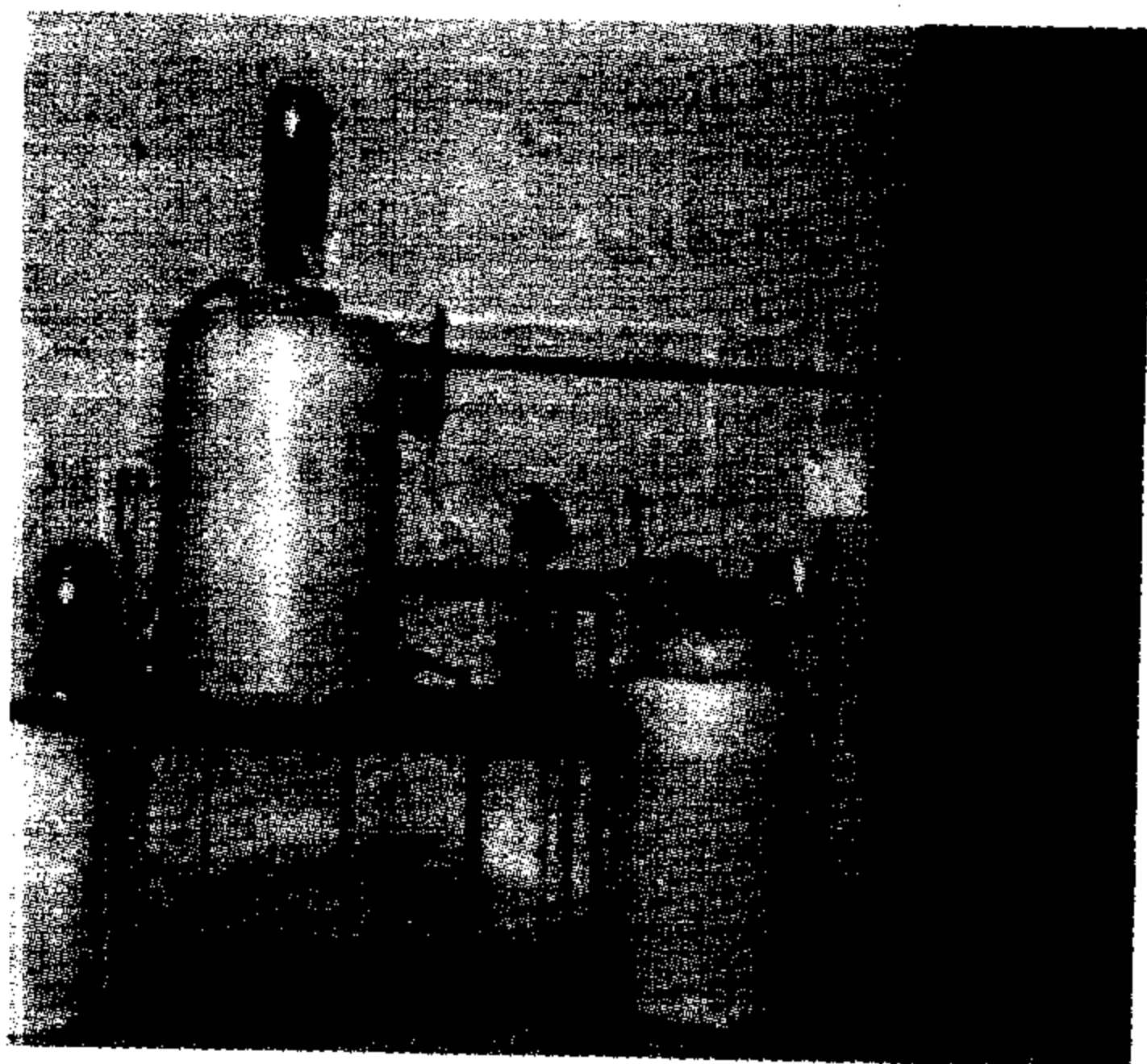
همان گونه که در شکل شماره (۲) نشان داده شده است، پایلوت شامل واحد تهیه آب خام، واحد انعقاد و لخته سازی، حوضچه تقسیم و اندازه گیری جریان، واحد فیلتراسیون و سیستم شست و شوی معکوس است. واحد تهیه آب خام از دو مخزن استوک کدورت و کیست ژیا ردیا، هر یک مجهز به همزن و پمپ تزریق قابل تنظیم و مخزنی با ارتفاع ثابت مجهز به همزن تشکیل گردیده است. مخزن ارتفاع ثابت از طریق یک لوله به سیستم لوله کشی آب شهر متصل بوده و ارتفاع آب درون آن توسط شناور ثابت نگه داشته می شد. محلول های حاوی کیست ژیا ردیا و گل رس (مولد کدورت) توسط پمپ های تزریق به میزان موردنظر به این مخزن افزوده و آب خام با کیفیت دلخواه تهیه می گردید. میزان کدورت موردنظر آب خام بر اساس توصیه کلسبی و همکاران (Cleasby et al., 1984) بین ۱۲ تا ۱۶ ان - تی - یو (N.T.U) و تعداد کیست ژیا ردیا به منظور توانایی اندازه گیری ۱۰۵ عدد در لیتر تنظیم می شد. شایان ذکر است که کیست ژیا ردیای مورد استفاده از مدفوع بیماران مبتلا به ژیا ردیا لامبلیا، جداسازی و پس از غیرفعال کردن مورد استفاده قرار می گرفت. آب خام سپس وارد واحد اختلاط سریع می گردید. در این واحد پس از افزودن پنج میلی گرم در لیتر، کلرورفریک در مدت زمان ۲۰ ثانیه و تحت گرادیان سرعت ۹۰۰ (S<sup>-1</sup>)، فرایند انعقاد انجام شده و پس از انجام لخته سازی در واحد لخته سازی آب به مخزن تقسیم که مجهز به دو سرریز مثلثی ۳۰ درجه بود، هدایت می گردید. هر بخش از جریان تقسیم شده پس از اندازه گیری مجدد توسط روتامتر وارد ستونی صاف می شد. ستون های صاف از جنس پلکسی گلاس با قطر ۲۰۰ میلیمتر و ارتفاع ۲ متر ساخته شده بود. این قطر بر اساس توصیه استاندارد شماره ۴۱۸۸ ASTM برای کاهش اثر دیواره<sup>(۱۴)</sup> انتخاب گردید. همچنین با انجام آزمایش ستون خالی و آزمایش ردیاب، میزان اثر دیواره مورد بررسی قرار گرفت.

روی هر ستون هفت لوله مانومتر برای اندازه گیری افت ارتفاع و هفت شیر نمونه برداری از جنس پلی اتیلن نصب گردیده بود. همچنین صافی ها به منظور شست و شوی معکوس، مجهز به پمپ آب و دمنده هوا با دبی کافی برای شناورسازی کامل بودند. یکی از صافی ها، تک لایه<sup>(۸)</sup> و صافی

است، شست و شوی صافی ها به صورت عادی و شامل شست و شوی با آب، با آب و هوا و آبکشی به همراه شناورسازی کامل به منظور لایه بندی مجدد صافی ها بود.

در سناریوی دوم به منظور کاهش اثر بلوغ اولیه آماده سازی، سطح مصالح بستر صافی در مرحله شست و شو انجام پذیرفت. برای این کار در مرحله آبکشی که آخرین مرحله شست و شوی معکوس صافی ها بود دو میلی گرم در لیتر کلروفریک به آب آبکشی اضافه گردید. سایر مراحل، مشابه سناریوی اول صورت پذیرفت. نتایج حاصل از هر دو سناریو در جداول شماره (۴) و (۵) در نمودارهای شماره ۲ الی ۷ ارائه گردیده است.

نوع ماده منعقد کننده به کار رفته، کلروفریک و میزان تزریق آن ۵ میلی گرم در لیتر بود. هر آزمایش سه بار تکرار گردید. نتایج به دست آمده در جدول شماره (۲) ارائه گردیده است. نمودار شماره (۱)، روند تغییرات تعداد کیست خروجی از صافی های در طول دوره عملکرد را نشان می دهد. در این مرحله هر نمونه، حاصل عبور ۱۰۰۰ لیتر آب از کارتریج فیلترند. همچنین در هر ساعت نمونه ای از کدورت ورودی و خروجی نیز برداشت می گردید. نتایج حاصل در جدول شماره (۳) ارائه گردیده است. در مرحله بعدی کدورت خروجی از ابتدای شروع کار صافی در هر پنج دقیقه یک بار و نمونه کیست خروجی تا ثابت شدن کدورت خروجی برداشت می گردید. در این مرحله که سناریوی اول



شکل شماره (۲) پایلوت مورد استفاده، در تحقیق

جدول شماره (۲): نتایج حاصل از بررسی بازده حذف کیست زیاردیا، طی دوره عملکرد صافی

ردیف	نوع صافی	نرخ فیلتراسیون (m/h)	تعداد نمونه ها در هر دوره	میانگین وزنی تعداد کیست ورودی (در لیتر)	میانگین وزن تعداد کیست خروجی (در لیتر)	لگاریتم حذف	ضریب صافی (m <sup>-1</sup> )
۱	تک لایه	۵	۳	۱/۱۲×۱۰.۵	۱۰	۴/۰۴	۱/۱۷۶
۲	سه لایه	۵	۴	۱/۱۲×۱۰.۵	۳	۴/۵۷	۱/۱۷۶
۳	تک لایه	۱۰	۲	۰/۷۵×۱۰.۵	۴۳	۳/۲۵	۱/۱۷۶
۴	سه لایه	۱۰	۶	۰/۷۵×۱۰.۵	۲۹	۳/۴۱	۱/۱۷۶
۵	تک لایه	۱۵	۱	۰/۹۴×۱۰.۵	۱۸۶	۲/۷۰	۱/۱۷۶
۶	سه لایه	۱۵	۶	۰/۹۴×۱۰.۵	۳۷/۵	۳/۴۰	۱/۱۷۹

جدول شماره (۳): نتایج حاصل از بررسی بازده حذف کدورت، طی دوره عملکرد صافی

ردیف	نوع صافی	نرخ فیلتراسیون (m/h)	میانگین کدورت خروجی (N.T.U.)	میانگین بازده حذف کدورت (N.T.U.)	طول دوره عملکرد (ساعت)	UFRV* (مترمکعب)	ضریب صافی (m <sup>-1</sup> )
۱	تک لایه	۵	۰/۱	۹۹/۴	۱۹	۹۵	۱/۱۶۹
۲	سه لایه	۵	۰/۱	۹۹/۴	۲۸	۱۴	۱/۱۶۹
۳	تک لایه	۱۰	۰/۲۸	۹۸/۱	۷	۷۰	۱/۱۵۴
۴	سه لایه	۱۰	۰/۱۴	۹۹/۱	۱۷/۵	۱۷۵	۱/۱۶۶
۵	تک لایه	۱۵	۱/۹۰	۹۴/۰	۲/۵	۳۷/۵	۱/۱۰۶
۶	سه لایه	۱۵	۰/۲۰	۹۸/۷	۱۱/۵	۱۷۲/۵	۱/۱۶۱

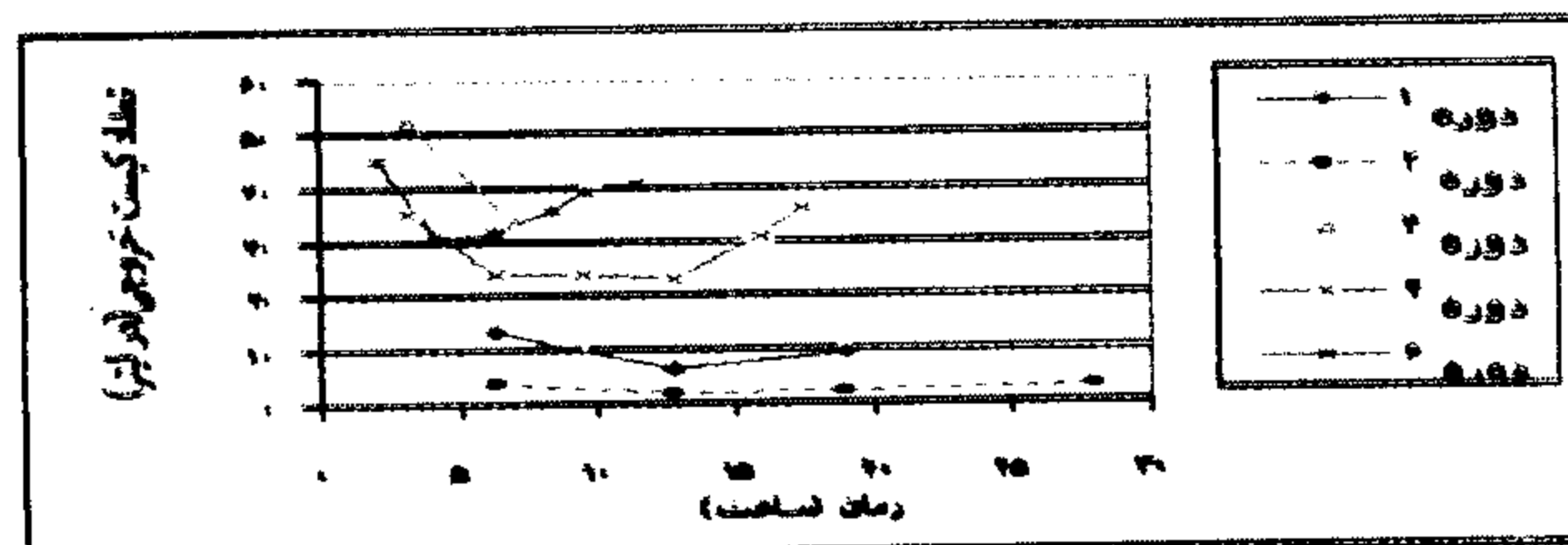
\* Unit Filter Run Volume

صافی ها در صورت شست و شوی عادی در مرحله بلوغ صافی در اغلب موارد می باشد.

در صورت آماده سازی سطح مصالح بستر صافی در مرحله شست و شوی معکوس، دوران بلوغ صافی بسیار کوتاه خواهد بود و همان گونه که در نمودار شماره (۸) مشخص گردیده است، اختلاف عمده ای بین بازده حذف در مرحله بلوغ با میانگین کلی عملکرد صافی وجود نخواهد داشت. بر اساس این دستاوردها ضمن توجه دادن مسئولان و بهره برداران تصفیه خانه های آب کشور به اهمیت مرحله بلوغ صافی ها در کیفیت آب تولیدی، پیشنهادهای زیر به منظور ارتقای کیفیت آب تولیدی ارائه می گردد:

- ۱- تعیین طول دوره بلوغ در صافی های هر تصفیه خانه
- ۲- اجرای یکی از سه روش زیر با توجه به شرایط اختصاصی تصفیه خانه برای کاهش آثار منفی دوران بلوغ صافی.
  - الف) افزودن منعقدکننده به آب شست و شوی صافی ها در مرحله آبکشی
  - ب) برگرداندن آب خروجی صافی در مرحله بلوغ به ابتدای تصفیه خانه
  - ج) دفع آب خروجی صافی در مرحله بلوغ.

بدیهی است هر یک از این روشها می باید پس از بررسی شرایط اختصاصی تصفیه خانه موردنظر به مرحله اجرا درآید.



نمودار شماره (۸): روند تغییرات کیست خروجی در طول دوره فیلتراسیون (دوره ۵ به دلیل کوتاه بودن، تنها دارای یک نمونه است و در نمودار ارائه نگردیده)

### بحث و نتیجه گیری

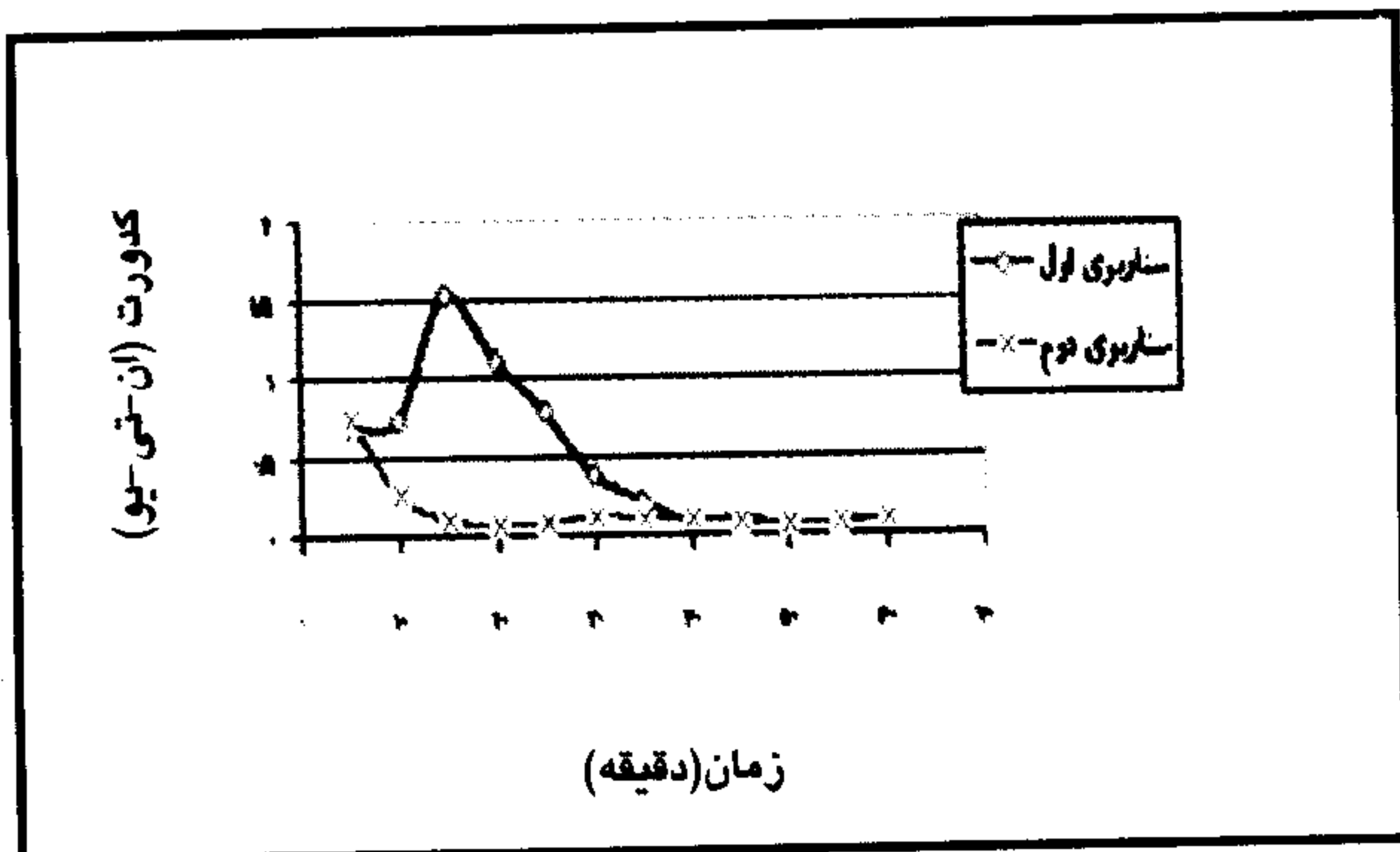
مقایسه میانگین کدورت و کیست خروجی در دقایق ابتدایی شروع به کار صافی های تند با میانگین عملکرد آنها در کل دوره فیلتراسیون، همان گونه که در نمودار شماره (۸) مشخص گردیده است، بیانگر پایین تر بودن بازده حذف طی دقایق ابتدایی یا دوران بلوغ صافی ها است. این مسئله همان طور که قبلاً نیز بیان گردید ناشی از باقی ماندن ذرات در بستر صافی در مرحله شست و شوی معکوس و عدم آمادگی سطح مصالح بستر صافی برای جذب می باشد. با توجه به اینکه ر اساس استانداردهای معتبر، بازده حذف کیست ژیا ردیا به سیله صافی ها می باشد حداقل معادل  $\log 3$  (۹۹/۹ درصد) است، نتایج حاصل بیانگر عدم توانایی تأمین این استاندارد توسط

جدول شماره (۴): نتایج حاصل از بررسی آثار بلوغ اولیه صافی تک لایه

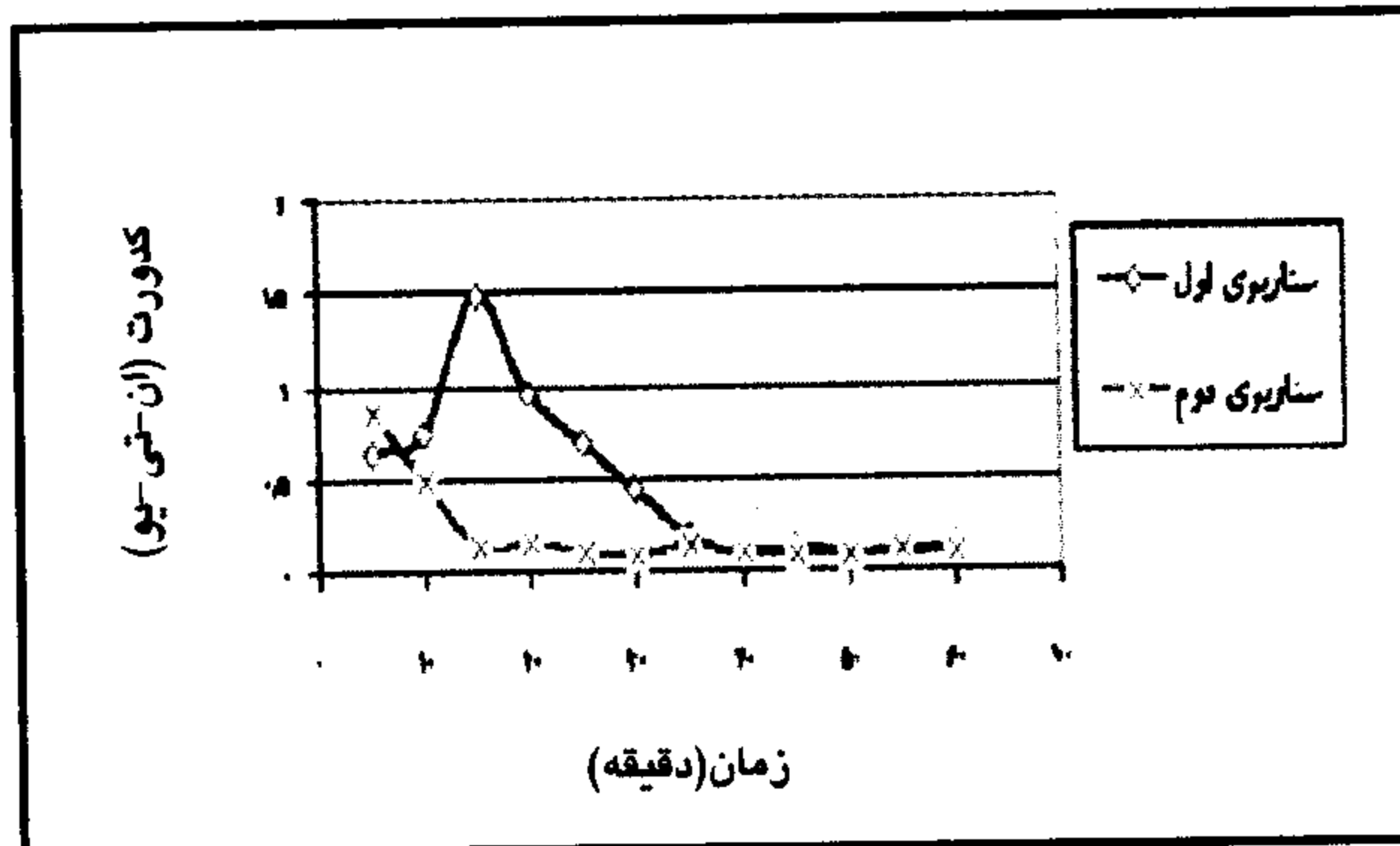
نرخ فیلتراسیون (متر در ساعت)						زمان (دقیقه)	ردیف
۱۵		۱۰		۵			
سناریوی ۲	سناریوی ۱	سناریوی ۲	سناریوی ۱	سناریوی ۲	سناریوی ۱		
۰/۸۹	۲/۴۵	۰/۶۵	۰/۵۵	۰/۸۵	۰/۶۴	۵	۱
۰/۵۹	۱/۲۷	۰/۳۲	۱/۹۳	۰/۴۹	۰/۷۴	۱۰	۲
۰/۵۳	۰/۷۸	۰/۲۲	۱/۱۶	۰/۱۳	۱/۴۹	۱۵	۳
۰/۴۸	*۰/۶۱	۰/۱۹	۰/۵۳	۰/۱۵	۰/۹۶	۲۰	۴
۰/۴۶	۰/۵۷	۰/۲۳	*۰/۳۰	۰/۱۰	۰/۶۸	۲۵	۵
۰/۵۲	۰/۵۳	۰/۲۴	۰/۱۹	۰/۰۹	۰/۴۵	۳۰	۶
۰/۵۲	۰/۵۹	۰/۲۱	۰/۲۰	*۰/۱۳	*۰/۱۸	۳۵	۷
۰/۵۶	۰/۵۵	۰/۱۷	۰/۲۲	۰/۱۰	۰/۱۰	۴۰	۸
۰/۵۹	۰/۵۴	۰/۲۳	۰/۲۴	۰/۰۹	۰/۱۲	۴۵	۹
۰/۵۳	۰/۴۹	۰/۲۴	۰/۲۰	۰/۰۸	۰/۱۱	۵۰	۱۰
۰/۵۱	۰/۵۲	۰/۲۲	۰/۱۸	۰/۱۲	۰/۰۸	۵۵	۱۱
۰/۵۷	۰/۵۵	۰/۲۰	۰/۱۹	۰/۱۱	۰/۱۳	۶۰	۱۲
۱۵۷	۱۵۷	۱۳۱	۱۳۱	۹۲	۹۲	حجم آب صاف شده (لیتر)	
۰/۸۹E۵	۰/۸۸ E۵	۰/۹۱ E۵	۰/۹۵ E۵	۰/۹۲ E۵	۰/۹ E۵	تعداد کیست ورودی (در لیتر)	
۱۷۳	۴۱۵	۶۹	۲۳۳	۱۶	۸۳	تعداد کیست خروجی (در لیتر)	
۲/۷۱	۲/۳۳	۳/۱۲	۲/۶۱	۳/۷۶	۳/۰۴	لگاریتم حذف	

جدول شماره (۵): نتایج حاصل از بررسی آثار بلوغ اولیه صافی سه لایه

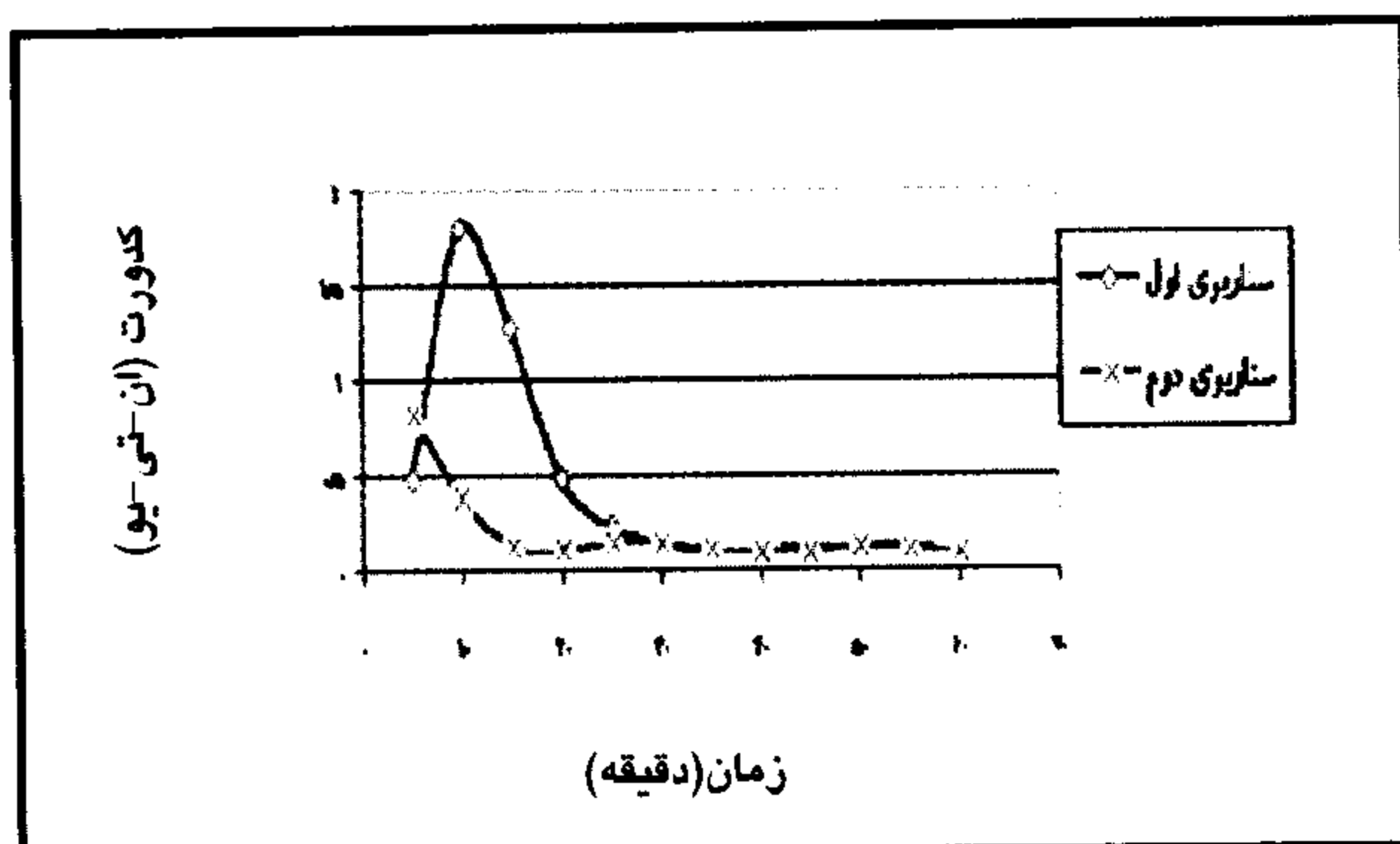
نرخ فیلتراسیون (متر در ساعت)						زمان (دقیقه)	ردیف
۱۵		۱۰		۵			
سناریوی ۲	سناریوی ۱	سناریوی ۲	سناریوی ۱	سناریوی ۲	سناریوی ۱		
۰/۸۵	۲/۸۳	۰/۸۳	۰/۴۹	۰/۷۴	۰/۶۹	۵	۱
۰/۳۰	۱/۴۴	۰/۳۸	۱/۷۹	۰/۲۷	۰/۷۲	۱۰	۲
۰/۱۹	۰/۵۹	۰/۱۳	۱/۲۷	۰/۱۱	۱/۵۳	۱۵	۳
۰/۱۸	*۰/۳۱	۰/۱۲	۰/۴۸	۰/۰۷	۱/۱	۲۰	۴
۰/۲۲	۰/۲۰	۰/۱۵	*۰/۲۳	۰/۰۹	۰/۷۹	۲۵	۵
۰/۲۴	۰/۲۱	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۳۹	۳۰	۶
۰/۲۰	۰/۲۱	۰/۱۱	۰/۱۰	۰/۱۱	*۰/۲۲	۳۵	۷
۰/۱۸	۰/۱۹	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۱۱	۰/۰۹	۴۰	۸
۰/۲۱	۰/۱۷	۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۰۹	۰/۱۱	۴۵	۹
۰/۱۹	۰/۲۰	۰/۱۳	۰/۱۱	۰/۰۸	۰/۰۷	۵۰	۱۰
۰/۱۷	۰/۲۰	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۱۰	۰/۰۷	۵۵	۱۱
۰/۲۰	۰/۲۳	۰/۰۹	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۱۱	۶۰	۱۲
۱۵۷	۱۵۷	۱۳۱	۱۳۱	۹۲	۹۲	حجم آب صاف شده (لیتر)	
۵E۰/۸۹	۵E۰/۸۸	۵E۰/۹۱	۵E۰/۹۵	۵E۰/۹۲	۵E۰/۹	تعداد کیست ورودی (در لیتر)	
۵۲	۱۱۵	۴۱	۱۶۲	۵	۳۰	تعداد کیست خروجی (در لیتر)	
۳/۲۳	۲/۸۸	۳/۳۵	۲/۷۷	۴/۲۶	۳/۴۸	لگاریتم حذف	



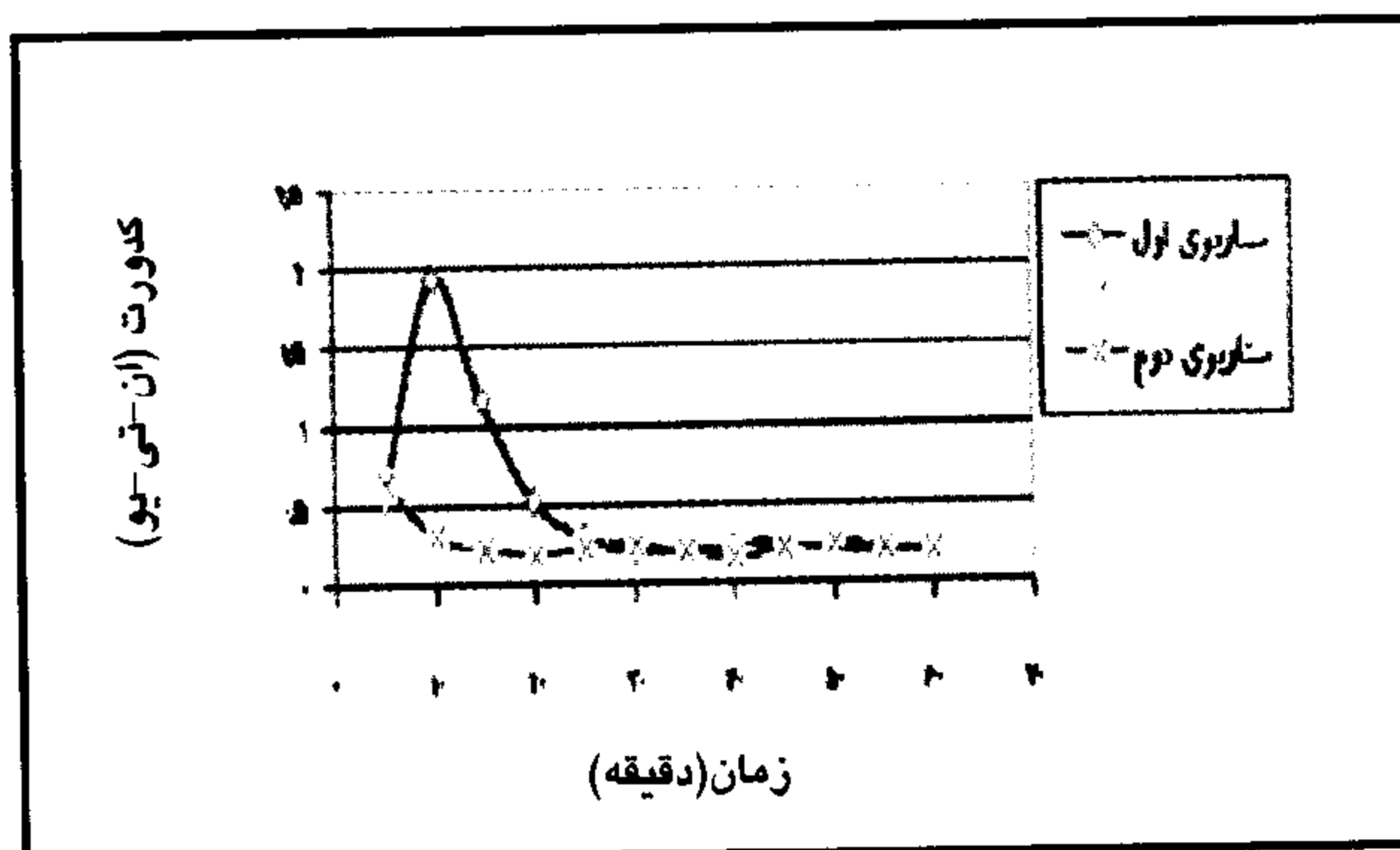
نمودار شماره (۵): منحنی نتایج حاصل از بررسی آثار بلوغ اولیه صافی سه لایه در نرخ فیلتراسیون پنج متر در ساعت



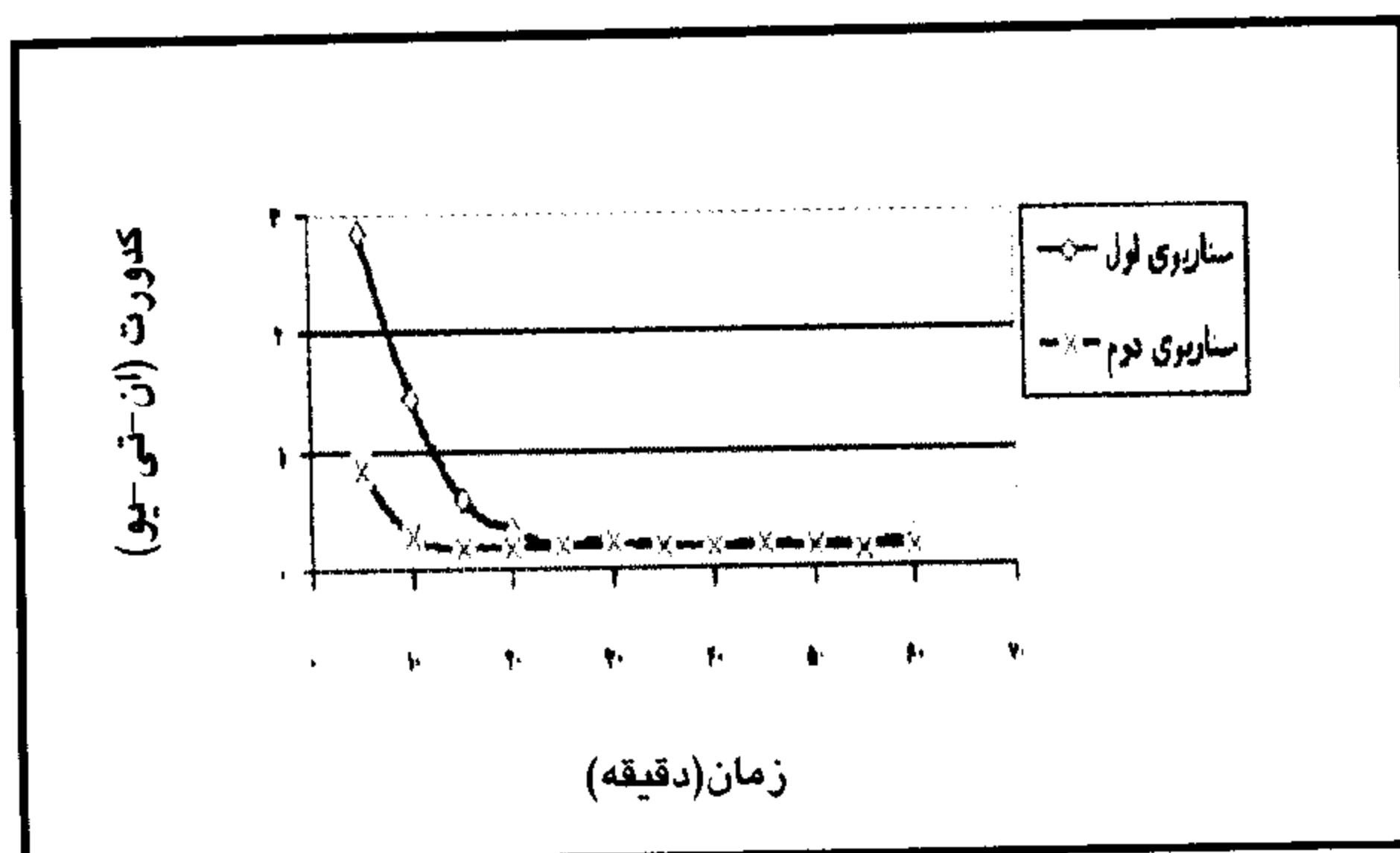
نمودار شماره (۲): منحنی نتایج حاصل از بررسی آثار بلوغ اولیه صافی تک لایه در نرخ فیلتراسیون پنج متر در ساعت



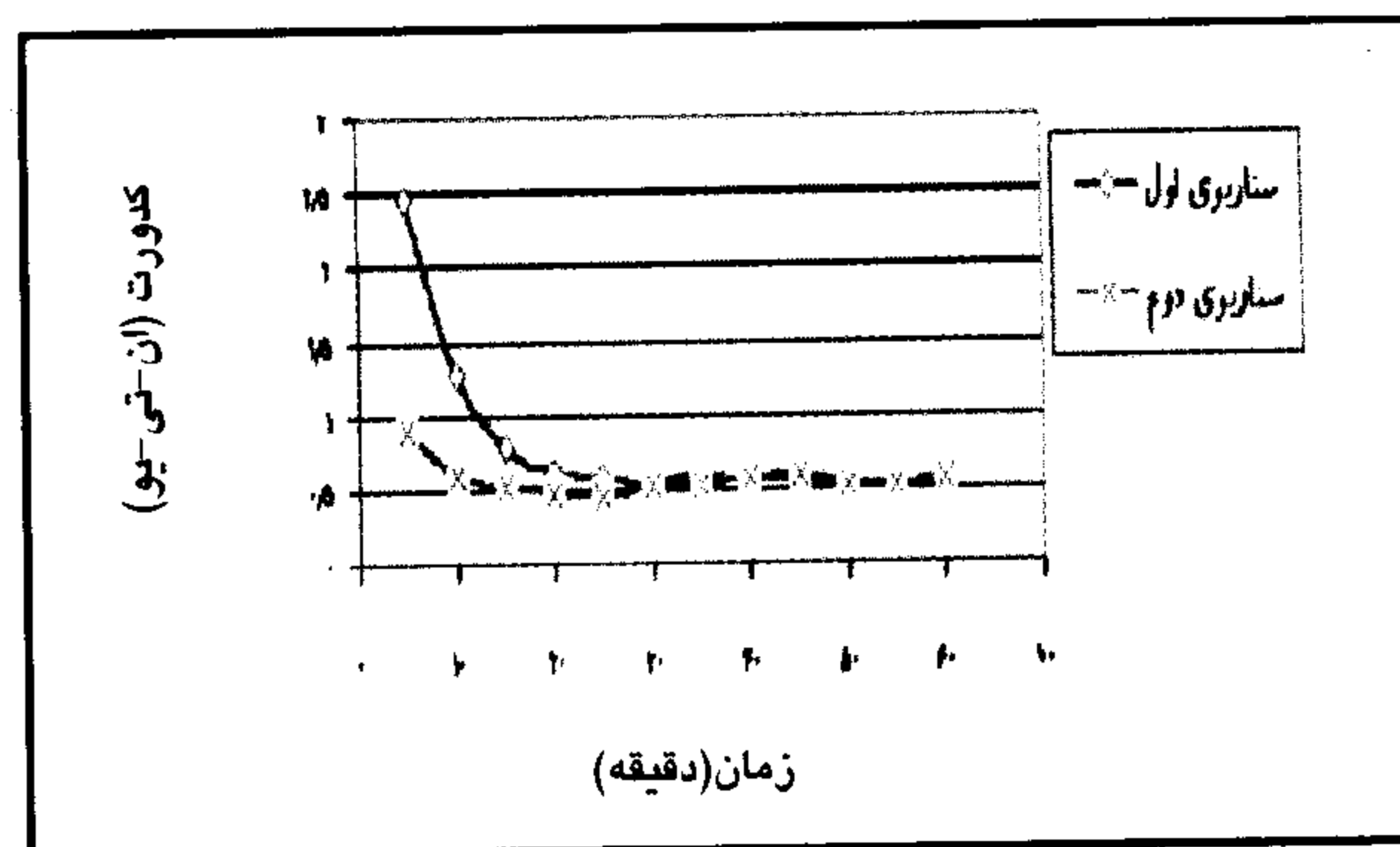
نمودار شماره (۶): منحنی نتایج حاصل از بررسی آثار بلوغ اولیه صافی سه لایه در نرخ فیلتراسیون ۱۰ متر در ساعت



نمودار شماره (۳): منحنی نتایج حاصل از بررسی آثار بلوغ اولیه صافی تک لایه در نرخ فیلتراسیون ۱۰ متر در ساعت

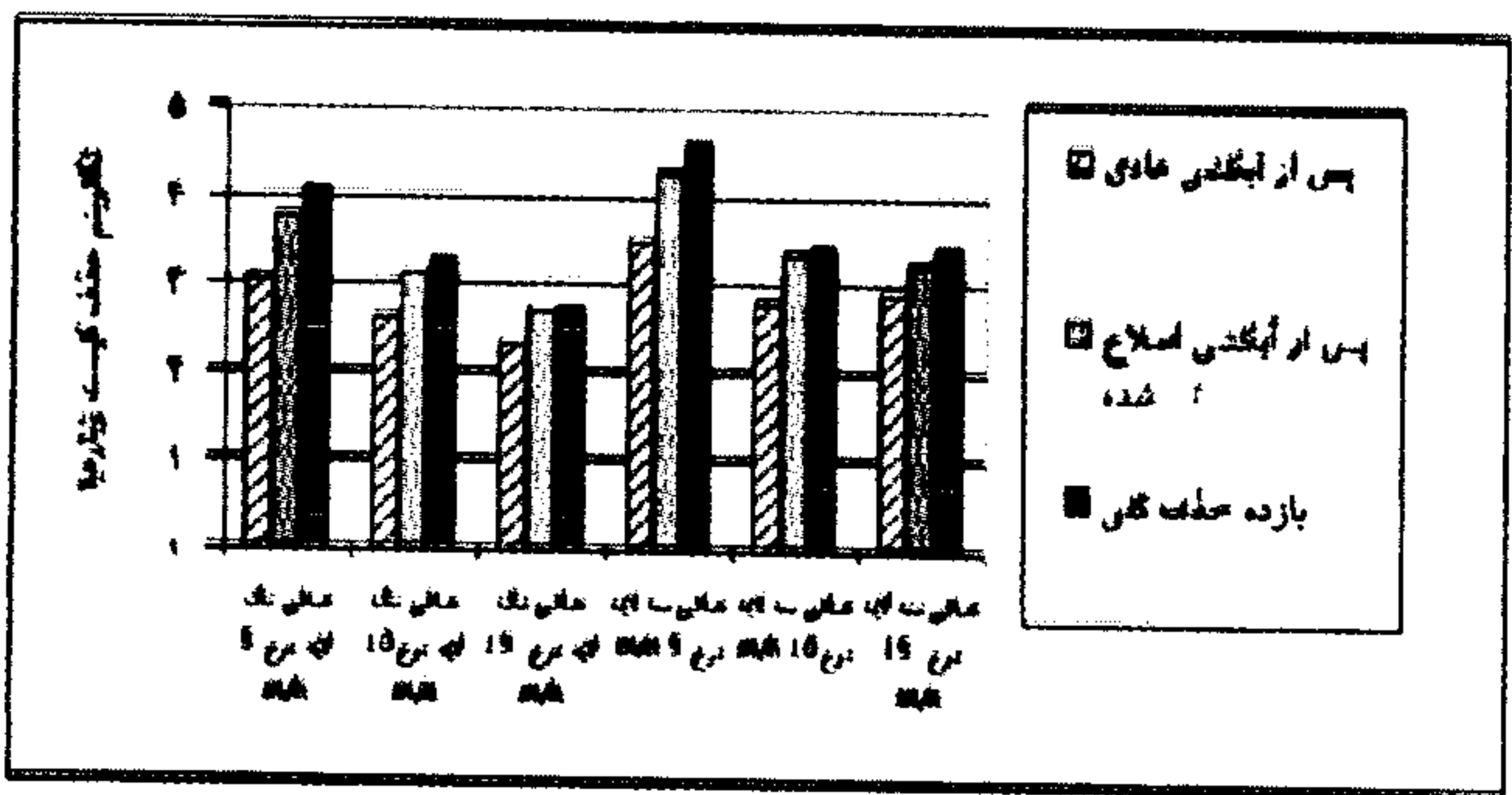


نمودار شماره (۷): منحنی نتایج حاصل از بررسی آثار بلوغ اولیه صافی سه لایه در نرخ فیلتراسیون ۱۵ متر در ساعت



نمودار شماره (۴): منحنی نتایج حاصل از بررسی آثار بلوغ اولیه صافی تک لایه در نرخ فیلتراسیون ۱۵ متر در ساعت

تخصصی بهبود بهره برداری تصفیه خانه های آب شهری، ویژه معاونین بهره برداری و مدیران تصفیه خانه های آب کشور.



نمودار شماره (۸): مقایسه لگاریتم حذف کیست زیاردیا پس از آبکشی عادی و اصلاح شده با میانگین کلی لگاریتم حذف

**یادداشت ها**

- 1- Filter Ripening Stage
- 2- Giardia Cysts
- 3- Steady State
- 4- Break through
- 5- Cryptosporidium Oocysts
- 6- Filtration Rate
- 7- Wall effect
- 8- Single Media
- 9- Triple Media
- 10- Mixed Media
- 11- Standard Methods for the examination of water and wastewater
- 12- American Society for Testing and Materials
- 13- Poly propylene

**منابع مورد استفاده**

رشیدی، ع. ۱۳۸۱. روشهای اصلاح صافی ها در تصفیه خانه های متعارف آب، خلاصه مقالات سومین سمینار داخلی انجمن علمی دانشجویان عمران، دانشکده صنعت آب و برق.

رشیدی، ع. و فاضلی، م. ۱۳۸۱. روشهای بهبود و ارتقای فرایند در تصفیه خانه های آب، خلاصه مقالات دومین کارگاه آموزشی،

Amirtharajah, A. 1988. Some theoretical and conceptual views of filtration J. AWWA. 80: 12:36.

Amirtharajah, A. and Wetstein, D. P. 1980. Initial degradation of effluent quality during filtration J. AWWA 72:9:518.

Cleasby, J. L. et al. 1984. Slow sand and direct in-line filtration of a surface water J. AWWA 76:12:44.

Huisman, L. 1986. Rapid filtration IHE-Delft.

Patania, N. L. 1996. Optimization of filtration for cryptosporidium removal. AWWA-RF.

Trimboli, L. 2001. Origin of particles in filtered water. University of Massachusetts-Amherst.