

## مطالعه عددی انتشار پساب آب شیرین کن کنارک با نرم افزار Cormix

زکریا عزیزی<sup>۱</sup>، مهدی رضاپور<sup>۲\*</sup>، مهدی اژدری مقدم<sup>۳</sup><sup>۱</sup> کارشناس ارشد سازه‌های هیدرولیکی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، zakaryaazizi70@gmail.com<sup>۲</sup> استادیار، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی، rezapour@cmu.ac.ir<sup>۳</sup> استاد، دانشگاه سیستان و بلوچستان، mazhdary@eng.usb.ac.ir

## اطلاعات مقاله

## چکیده

تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۲/۲۵

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۶/۱۵

کلمات کلیدی:

آب شیرین کن

پساب

کارخانه کنارک

Cormix

پخش شوری

در این مطالعه، به صورت موردی به شبیه سازی عددی پخش پساب آب شیرین کن در کارخانه کنارک پرداخته شده است. با جمع آوری داده‌هایی از قبیل مشخصات آب خروجی از آب شیرین کن (غلظت آب خروجی، دبی، دما، هندسه خروجی)، شرایط محیطی شامل سرعت باد در منطقه، سرعت جریان آب، جذرومد، عمق سنجی منطقه و مشخصات آب دریا، به راه اندازی مدل عددی پخش آلودگی در ساحل دریا با استفاده از نرم افزار Cormix11 در عمق‌ها و دبی‌های مختلف پرداخته شده است بطوریکه تاثیر پارامترهای مهم پخش پساب، با در نظر گرفتن شرایط محیطی، مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج عددی نشان می‌دهد که افزایش دبی پساب منجر به افزایش گسترده شوری در آب دریا می‌گردد. اما در حالت‌هایی می‌توان این پخش را با سرعت جریان و زمان جذرومد مدیریت کرد به طوری که افزایش دبی تأثیر کمتری روی پخش آب شور در دریا داشته باشد.

## Numerical Study of Effluent Distribution from Konarak Desalination Plant Using Cormix

Zakarya Azizi<sup>1</sup>, Mehdi Rezapour<sup>2\*</sup>, Mahdi Azhdary Moghadam<sup>3</sup><sup>1</sup> MSc student, University of Siatan and Balouchestan, zakaryaazizi70@gmail.com<sup>2</sup> Assistant professor, Chabahar Maritime University, rezapour@cmu.ac.ir<sup>3</sup> Professor, University of Siatan and Balouchestan, mazhdary@eng.usbc.ir

## ARTICLE INFO

Article History:

Received: 15 May 2022

Accepted: 06 Sep 2022

Keywords:

Desalination

Effluent

Konarak Plant

Cormix

Salinity Distribution

## ABSTRACT

This article presents a case study of numerical simulation of effluent in Konarak plant. by collecting data related to the case study which includes data such as output water characteristics of desalination (water concentration, discharge, temperature, outlet geometry), environmental conditions including wind speed in the region, the velocity of water flow, tidal velocity, tidal depth, and sea surface profile, to launch a numerical distribution model pollution at the seashore have been investigated using Cormix11 software at different depths and the effect of important parameters of effluent distribution on distribution and considering environmental conditions have been studied.

Numerical results show that increasing the discharge of effluent leads to more salinity in the sea. but in some cases, it can be managed with flow velocity and tidal time so that increasing discharge has less effect on water distribution in the sea.

## ۱ - مقدمه

امروزه به دلیل وجود خشک‌سالی و گسترش شهرها احتیاج به مصرف آب شیرین در قسمت‌های مختلف مثل صنعت و کشاورزی افزایش پیدا کرده است و این در حالی می‌باشد که در اکثر کشورها با افت منابع آبی روبرو هستیم. بخش وسیعی از کره زمین بوسیله آب‌شور دریاها و اقیانوس‌ها احاطه گردیده است که می‌توان با تبدیل نمودن آب‌شور به آب شیرین به منابع سرشاری از آب شیرین دست یافت. برای این امر می‌توان از کارخانه‌های آب‌شیرین کن در کنار دریا استفاده کرد. یکی از دغدغه‌های اصلی فناوری‌های شیرین‌سازی، تخلیه پساب و اثرات زیست‌محیطی ناشی از آن است. پس از استخراج حجم زیادی از آب شیرین با استفاده از فرآیندهای شیرین‌سازی، مانند اسمز معکوس، آب با مقادیر زیاد نمک غلیظ به نواحی آبی دریا تخلیه می‌شود. این امر به نوبه خود اکوسیستم‌های دریایی و گونه‌های آبریان را تهدید می‌کند.

شوری، حرارت و مواد شیمیایی سه عامل از مهم‌ترین عواملی می‌باشند که از راه پساب‌های کارخانه‌های آب‌شیرین کن وارد آب دریا می‌شوند. پساب خارج شده از این کارخانه‌ها می‌تواند بر محیط‌زیست اثرات نابخشودنی مانند خروج آبریان بومی و تغییر اکوسیستم منطقه داشته باشد. مطابق با استانداردهای زیست‌محیطی در کشور ایران مقدار ورودی پساب در مناطق آبی با مساحت ۲۰۰ مترمربع نباید بالاتر از ده درصد میزان شوری آن پیکره آبی باشد [۱]. با در نظر داشتن این موضوع که محیط‌زیست دریا قسمت مهمی از اکوسیستم را تشکیل می‌دهد و در صورت صدمه دیدن این قسمت از اکوسیستم، پیامدهای ناگواری زندگی انسان را بر روی کره‌ی زمین تهدید می‌نماید. به نظر می‌رسد با بررسی و تحقیق در ارتباط با مدل‌سازی پساب خروجی از کارخانه‌های آب‌شیرین کن می‌توان به بهترین موقعیت مکانی تخلیه پساب با کمترین تأثیر بر محیط‌زیست منطقه رسید.

در زمینه پخش پساب، مطالعات آزمایشگاهی و عددی زیادی انجام شده است. البرونی<sup>۱</sup> و همکارانش در سال ۲۰۰۹، به بررسی اثرهای نوسانات جزر و مدی بر حرکت و پخش شدن پساب حاصل از کارخانه آب‌شیرین کن در سواحل امارات بوسیله یک مدل‌سازی فرا رفت دوبعدی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که آهنگ ثابت خروجی پساب و وارونگی حرکت توده‌های آب در این ناحیه از خلیج فارس سبب اجتماع پساب و توسعه آن در خط ساحلی گردیده است [۲]. مالکانجیو<sup>۲</sup> و همکاران در سال ۲۰۱۱، در یک پژوهش که هدف آن تأثیرات حاصل از تخلیه نمودن پساب بر روی منطقه ساحلی و زندگی گونه‌های گیاهی حفاظت‌شده در شهر بندری بریندیزی در جنوب کشور ایتالیا بود، توانستند با مدل هیدرودینامیکی سه بعدی مایک، خروجی طراحی کنند که منجر به تأثیرات مخرب کمتری می‌گردد [۳]. پورنالنا<sup>۳</sup> و همکارانش در

سال ۲۰۱۲، به مطالعه پساب خروجی دو کارخانه مولد برق و آب‌شیرین کن برکای ۱ و ۲ در ساحل کشور عمان، بوسیله نرم‌افزار شبیه‌ساز دوبعدی CORMIX پرداختند. آن‌ها با مطالعه داده‌های بویه‌های شناور در منطقه مورد مطالعه و مدل‌سازی به این نتایج دست یافتند که به طور کلی پسماند آب‌نمک به سمت بستر، سیر نزولی دارد اما به علت عدم قطعیت داده‌های ورودی، تحولات شوری بر پایه سرعت جریانات و آهنگ شار و چگالی، نتایج برای دو سناریو در لوله‌های خروجی پساب مورد استخراج قرار گرفت و نتایج این تحقیق نشان داد که استانداردهای محیط زیست در فاصله ۱۵۰ متری از لوله‌های خروجی پسماند رعایت گردیده است [۴]. زمانی و همکارانش در سال ۲۰۱۳، در یک پژوهش در خلیج چابهار، به مطالعه خصوصیات فیزیکی آب در این منطقه پرداختند. در این تحقیق پارامترهای فیزیکی آب شامل دما و شوری بوسیله مدل ریاضی سه‌بعدی هیدرودینامیکی کوهپرنس، پیش‌بینی شدند و با داده‌های میدانی مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج بدست آمده از این مدل نشان می‌دهد که به‌طور کلی مقدار شوری آب دریا در خلیج چابهار به غیر از زمان رخداد مونسان در دیگر ماه‌های سال بالاتر از آب‌های بیرون خلیج می‌باشد.

میولوف<sup>۴</sup> و همکاران در سال ۲۰۱۴ به مطالعه یک مدل بهینه، جهت طراحی سیستم دفع ایمن پساب شور کارخانه‌های آب‌شیرین کن RO پرداختند و با ترکیب روش‌های شبیه‌سازی و بهینه‌سازی، مدلی تازه را برای ایجاد به‌صرفه‌ترین مدل برای گسترش خروجی‌های چند پورته مطرح کردند. میولوف و همکاران از مدل هیدرودینامیکی CORMIX جهت بررسی مقدار رقیق‌سازی پساب شور تخلیه گردیده در آب‌های ساحلی استفاده نمودند [۵].

یان<sup>۵</sup> در سال ۲۰۱۵، در رساله دکتری خود به قیاس مدل‌های متفاوت عددی بر روی میزان شوری آب خلیج فارس پرداخت و بعد با گزینش مناسب‌ترین مدل جهت تغییرات شوری منطقه و اثرات آب‌وهوا و نیز اثرات انسانی را در طولانی مدت بر روی خلیج فارس مدل‌سازی نمود و از این تحقیق نتیجه گرفت که مقدار شوری منطقه در طولانی مدت افزایش می‌یابد [۶].

فرناندز<sup>۶</sup> و همکاران در سال ۲۰۱۷ به بررسی انتشار پلوم، قبل و بعد از نصب دیفیوزر پرداختند. آن‌ها نتایج حاصل از شش سال پایش عملیاتی را با شبیه‌سازی انجام‌شده توسط شبیه‌سازی مدل اختلاط عددی CORMIX با انطباق با داده‌های میدانی مقایسه کردند و به این نتیجه رسیدند که استفاده از دیفیوزر، فرآیند رقیق‌سازی را در میدان نزدیک افزایش می‌دهد و در میدان بسیار دور، افزایش نرخ رقیق‌سازی نمونه‌ها در ۱ کیلومتری نقطه تخلیه، تا حدود ۱۷ برابر افزایش می‌یابد [۷].

هدف اصلی مطالعه حاضر، بررسی پخش شوری پساب کارخانه آب‌شیرین کن کنارک با استفاده از مدل عددی CORMIX است تا

تحلیل توأم رابطه‌های حاکم بر جریان، بعلاوه پخش پساب آلوده درون محیط سیال، مستلزم استفاده از مدل عددی متناسب با خصوصیات حاکم بر طرح می‌باشد. با توجه به خصوصیت و محتوای پخش شدن آلودگی و کم‌عمق بودن مکان‌های تخلیه پساب، معادلات حاکم بر آب‌های کم‌عمق جهت مدل‌سازی پخش شدن آلودگی بکار گرفته می‌شوند. مدل CORMIX یک نمونه مدل محدوده اختلاط هیدرودینامیکی جهت تخلیه نمودن آلاینده‌ها درون محیط‌های آبی است. این مدل با تحلیل نمودن و پیش‌بینی حالت پخش شدن آلودگی‌های ورودی درون محیط‌های آبی، توانایی طراحی و بهینه‌سازی سیستم تخلیه پساب را ایجاد می‌کند [۸].

مدل CORMIX در بین مدل‌های موجود دارای مقبولیت و دقت بالایی می‌باشد. علت این موضوع استفاده از نتایج حقیقی اندازه‌گیری شده در نیروگاه‌های متفاوت و مد نظر گرفتن حالت‌های متفاوت خروج جت آب و ادغام نتایج با رابطه‌های تحلیلی در این مدل است که سبب بیشتر شدن دقت نتایج آن می‌شود.

نتایج مدل CORMIX در شرایط ساده توپوگرافی و شرایط محیطی همانند، برطبق واقعیت است و احتیاجی به عملیات اندازه‌گیری و استفاده از پارامترهای کالیبراسیون ندارد. این موضوع مزیت مهمی در مدل‌های تحلیلی محسوب می‌شود [۸].

#### ۴ - منطقه مورد مطالعه

مورد مطالعاتی تحقیق خروجی پساب آب‌شیرین‌کن کنارک در استان سیستان و بلوچستان و در ساحل شمال غرب خلیج چابهار در فاصله ۳۵ کیلومتری چابهار و ۱۵ کیلومتری کنارک در موقعیت جغرافیایی  $25^{\circ}26'17''$  شمالی و  $60^{\circ}29'18''$  شرقی واقع شده است. در شکل ۱ موقعیت جغرافیایی این آب‌شیرین‌کن نشان داده شده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی آب‌شیرین‌کن کنارک (Google earth)

آب‌شیرین‌کن چابهار از نوع RO و دارای ظرفیت اسمی ۲۸ هزار مترمکعب در روز هست. قرارداد عملیات احداث این آب‌شیرین‌کن در پایان سال ۱۳۸۶ منعقد شده است. شکل ۲ واحد آب‌شیرین‌کن کنارک را نشان می‌دهد.

بتوان طرحی بهینه برای بخش تخلیه پساب این کارخانه ارائه داد که پایین‌ترین اثرات سوء زیست‌محیطی را بر محیط دریا و موجودات آبی حساس داشته باشد. به این منظور با استفاده از نرم افزار Cormix 11، بر اساس سناریوهای مختلف، پخش پساب آب شیرین‌کن مورد مطالعه شبیه‌سازی شده است و نتایج خروجی با محدودیت‌های استاندارد محیط‌زیست مقایسه گردیده است. همچنین بر اساس نتایج بدست آمده پیشنهادهایی جهت پخش بهتر پساب و کاهش اثرات زیست‌محیطی ارائه خواهد شد. با توجه به طرح توسعه آب‌شیرین‌کن کنارک این مطالعه برای اولین بار برای دبی‌های بیشتر و تحت شرایط مختلف محیطی به شبیه‌سازی پخش پساب صورت می‌پذیرد.

#### ۲ - معادلات اساسی حاکم

زمانی که پساب از یک منبع نقطه‌ای درون یک محیط تخلیه می‌گردد، اول بر پایه خصوصیت آلاینده، دمای محیط، وزش باد، غلظت مواد داخل آب و دیگر عوامل، پساب تخلیه گردیده، شروع به پخش شدن در هر دو راستای سطح می‌کند. این فرآیند را انتشار نامگذاری نموده‌اند که در آن پخش شدن ذرات پساب بر اثر ترکیب شدن اثرات برشی و اختلاف پتانسیل می‌باشد. پخش شدن پساب در راستای عمق هم انجام می‌شود، به این شکل که با سپری شدن زمان، غلظت ماده کاهش می‌یابد، ولی تقریباً مرکز جرم آن ثابت است. دلیل این پدیده، آشفتگی در جریانات آب می‌باشد. معادله‌های حاکم بر پخش شدن پساب را می‌توان به شکل ذیل بیان کرد:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = F_h + F_v$$

$$- \left( \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} + \frac{\partial wC}{\partial z} \right) - k_p C + C_S S \quad (1)$$

$$F_h = \frac{\partial}{\partial x} \left( D_h \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( D_h \frac{\partial C}{\partial y} \right) \quad (2)$$

$$F_v = \frac{\partial}{\partial z} \left( D_v \frac{\partial C}{\partial z} \right) \quad (3)$$

که  $F_h$  تابع انتشار پساب سطحی در راستای  $x$  و  $y$ ،  $F_v$  تابع انتشار پساب عمقی در راستای  $z$  می‌باشد.  $C$  میزان غلظت پساب،  $u, v, w$  و  $w$  میزان سرعت آب در راستای  $x$  و  $y$  و  $z$  است.  $D_h$  مقدار ضریب انتشار پساب در سطح،  $D_v$  مقدار ضریب انتشار پساب عمقی،  $k_p$  نرخ میرایی پساب و  $C_S S$  غلظت پساب در منبع ورودی تعریف می‌شوند.  $C_S S$  هم مقدار پساب در چشمه و چاه است که اگر پساب وارد محیط گردد،  $S$  مثبت و اگر از محیط خارج گردد،  $S$  منفی در نظر گرفته می‌شود.

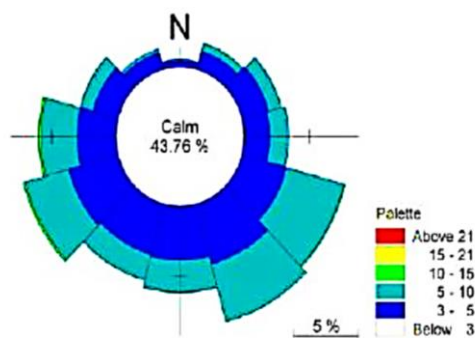
#### ۳ - مدل عددی CORMIX



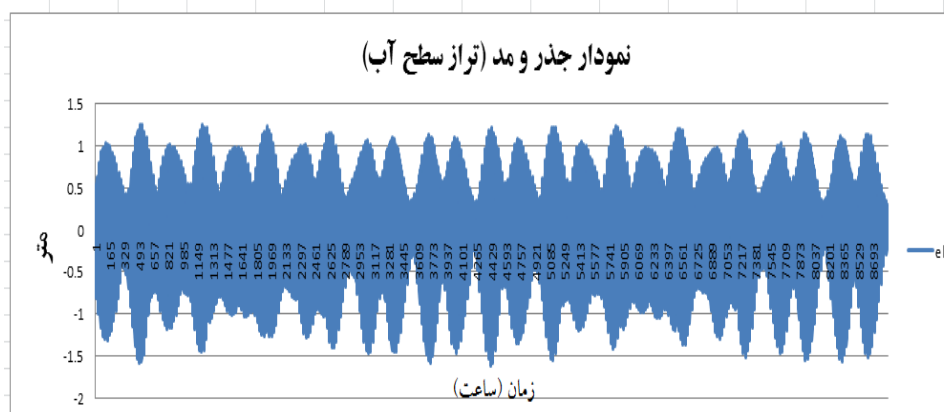
شکل ۲ - واحد آب شیرین کن کنارک

در این گلباد، سرعت کمتر از ۳ متر بر ثانیه به عنوان شرایط آرامش در نظر گرفته شده است. همچنین طول بردار نشان داده شده در هر سمت، درصد وقوع وزش باد با سرعت مشخص شده در آن جهت را نشان می‌دهد. همان‌طور که در گلباد مشاهده می‌گردد ۴۳/۷۶ درصد بادها دارای سرعت کمتر از ۳ متر بر ثانیه و از سمت جنوب شرقی می‌باشند، بنابراین در مدل‌سازی، جهت ورودی، مطابق با داده‌های گلباد و با سرعت ۳ متر بر ثانیه در نظر گرفته شده است. اطلاعات جذر و مد منطقه از مدل خروجی موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران برای سال ۲۰۱۹ در بازه یک‌ساعته استخراج گردیده است. ارتفاع سطح آب مطابق با نمودار شکل ۴ می‌باشد (هرسال معادل ۸۸۵۶ ساعت است). طبق داده‌ها بیشترین ارتفاع جذر و مد ۱.۲۵ متر است.

شرایط آب و هوایی روی پدیده رقیق‌سازی و پخش پساب در دریا اثرات قابل توجهی دارد بطوریکه هرچه قدر ارتفاع جذر و مد و سرعت جریان بیشتر باشد درصد رقیق‌سازی نیز بیشتر خواهد شد. با تحلیل اطلاعات حاصل از ایستگاه سینوپتیک چابهار، گلباد مرتبط با آب شیرین کن کنارک مطابق شکل ۳ نشان داده می‌شود.



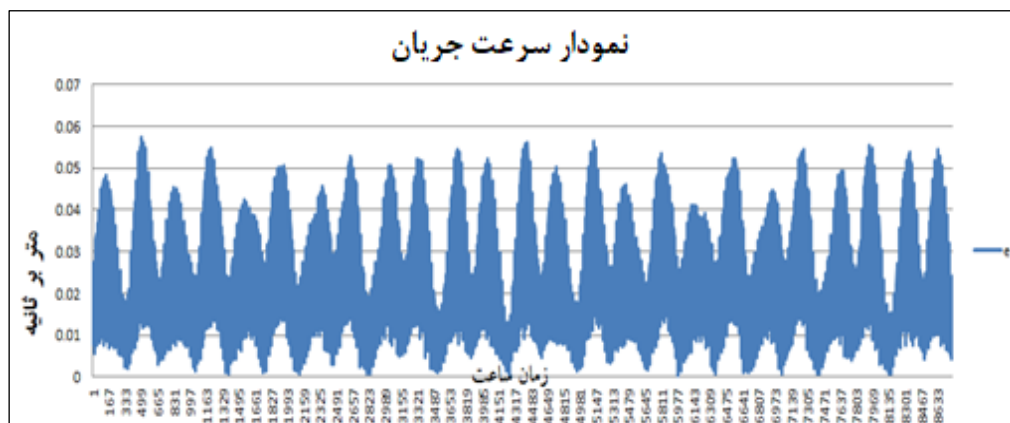
شکل ۳- گلباد محدوده خلیج چابهار [۹]



شکل ۴- نمودار جذر و مد در منطقه آب شیرین کن کنارک سال ۲۰۱۹ [۱۰]

سرعت جریان ۰/۰۵۷ متر بر ثانیه و کمترین آن برابر با ۰/۰۰۰۱ متر بر ثانیه است.

اطلاعات سرعت جریان منطقه از مدل خروجی موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران برای سال ۲۰۱۹ در بازه یک‌ساعته مطابق با نمودار شکل ۵ استخراج گردید. مطابق با داده‌های دریافتی، بیشترین



شکل ۵- نمودار سرعت جریان در منطقه آب شیرین کن کنارک سال ۲۰۱۹ [۱۰]



شکل ۶- نمای شماتیک نقاط انتخاب شده برای محاسبه عمق آب دریا در محدوده آب شیرین کن کنارک

دما و شوری آب دریا در محدوده آب شیرین کن کنارک به ترتیب  $29^{\circ}\text{C}$  و  $38\text{ ppt}$  است که در سال ۱۳۹۳ توسط میری و همکارانش به صورت میدانی اندازه گیری شده است [۱۱]. با در نظر گرفتن این دو پارامتر، مقدار چگالی آب دریا توسط نرم افزار CORMIX محاسبه می شود که مقدار آن برابر با  $1024/32\text{ kg/m}^2$  می باشد.

در جدول ۱، عمق آب دریا برای چهار موقعیت جغرافیایی که فواصل بین آنها ۵۰۰ متر است، ارائه شده است. شکل ۶، نمای شماتیک این چهار موقعیت جغرافیایی را در محدوده آب شیرین کن نشان می دهد.

جدول ۱ - مشخصات نقاط انتخابی دریا در محدوده آب شیرین کن کنارک

موقعیت جغرافیایی				مشخصه
۴	۳	۲	۱	
شمال $25^{\circ}25'32''$	شمال $25^{\circ}25'47''$	شمال $25^{\circ}26'2''$	شمال $25^{\circ}26'17''$	فاصله از ساحل [m]
$60^{\circ}29'39''$	$60^{\circ}29'32''$	$60^{\circ}29'25''$	$60^{\circ}29'18''$	
شرقی	شرقی	شرقی	شرقی	عمق [m]
۱۵۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰	۰	
۱۰	۸/۵	۶	۰	

شرایط محیطی در محل خروجی پساب، اثر مستقیمی بر نحوه پخش آلودگی پساب در دریا دارد. در این بخش می بایست عمق

جدول ۳- مشخصات محیطی در خروجی پساب آب شیرین کن کنارک

مقدار	واحد	نوع داده ورودی
۶	m	عمق متوسط دریا در ناحیه مورد بررسی
۶	m	عمق آب در محل خروجی پساب
۳	m/s	سرعت باد
غیردائمی	-	نوع جریان
۱۸	hr	پریود جذر و مد
۰/۰۵۷	m/s	سرعت ماکزیمم جریان

## ۵- ورودی های مدل

مشخصات و ویژگی های پساب یکی از مهم ترین عوامل نحوه پخش پساب در آب دریا هست. در جدول ۲ مقادیر داده های پساب آب شیرین کن کنارک جهت مدل سازی در نرم افزار CORMIX آورده شده است.

جدول ۲- مشخصات پساب آب شیرین کن کنارک (برسش میدانی)

مقدار	واحد	نوع داده ورودی
۹۰۰۰۰	mg/lit	غلظت پساب خروجی
۶۰۰۰۰	mg/lit	اختلاف غلظت پساب با آب دریا
۰/۸۳	$m^3/s$	دبی پساب خروجی
۳۲	c	دما پساب

جهت بررسی پخش پساب خروجی آب شیرین کن کنارک به داخل آب دریا، مطابق جدول ۵، از سه سناریوی مختلف استفاده شده است.

جدول ۵- سناریوهای مختلف جهت مدل سازی پخش پساب خروجی

سناریو	توضیحات
سناریوی اول (حال حاضر)	آب شیرین کن با ظرفیت ۲۸۰۰۰ مترمکعب در روز و با دبی خروجی پساب ۰/۸۳ مترمکعب بر ثانیه
سناریوی دوم (طرح آتی)	آب شیرین کن با ظرفیت ۵۰۰۰۰ مترمکعب در روز و با دبی خروجی پساب ۱/۵ مترمکعب بر ثانیه
سناریوی سوم (طرح آتی)	آب شیرین کن با ظرفیت ۱۰۰۰۰۰ مترمکعب در روز و با دبی خروجی پساب ۳ مترمکعب بر ثانیه

همان طور که از شکل ۷ مشاهده می شود، با گذشت زمان از صفر که مربوط به زمان اسلک<sup>۱</sup> می باشد (به زمانیکه تراز جزر و مد منطبق بر تراز MHW باشد. یعنی در واقع نه جزر باشد و نه مد)، مقادیر سرعت جریان با افزایش ارتفاع آب کاهش می یابد. بنابراین با در نظر گرفتن هم سرعت جریان بیشینه و هم کمینه که مقادیر آن به ترتیب ۰/۰۵۷ و ۰/۰۱ است، محدوده پخش شوری و محدوده اختلاط میدان نزدیک برای هر سناریو مورد بررسی قرار گرفته است. جدول ۶، نتایج حاصل از بررسی سناریوهای مختلف را در زمان های مختلف اسلک نشان می دهد. لازم به ذکر است که در تمام بررسی ها، برای آب دریا، حالت جریان غیردائمی همراه با در نظر گرفتن شرایط جزر و مد، لحاظ شده است.

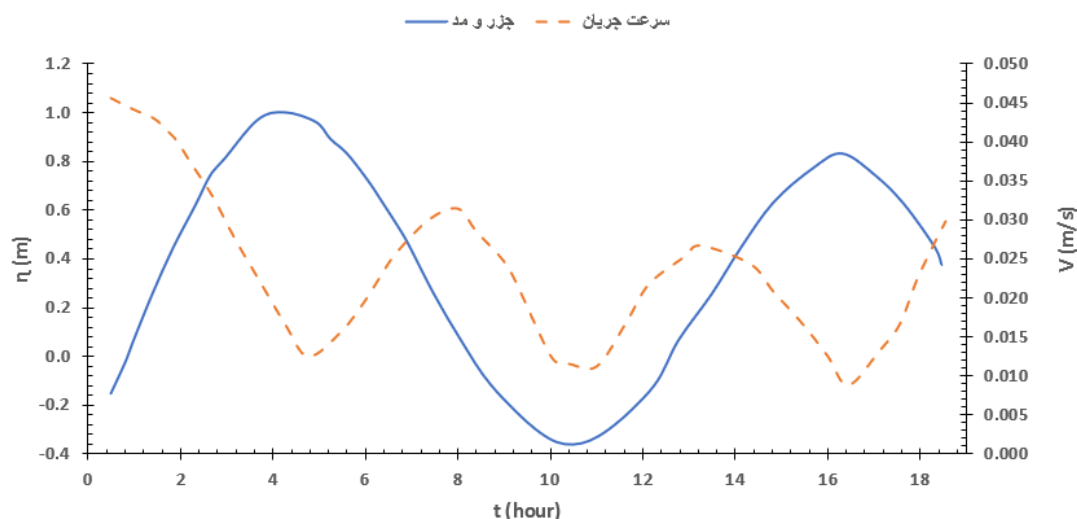
سرعت جریان جذر مد در زمان تعریف شده	m/s	وابسته به شرایط جذرومد
زمان موردنظر بعد از حالت اسلک (صفر)	hr	متغیر
ضریب زبری بستر دریا (ضریب دارسی ویسباخ)	-	۰/۲
غلظت یا دانسیته آب دریا	mg/lit	۱۰۲۴/۳۲

آب دریا در ناحیه خروجی پساب و شرایط محیطی از قبیل سرعت باد منطقه، شرایط جذرومدی، زبری بستر دریا و غلظت آب دریا به عنوان ورودی برای نرم افزار Cormix تعریف گردد. در جدول ۳ مقادیر این پارامترها به صورت مجزا ذکر شده است. مشخصات کانال خروجی پساب آب شیرین کن به عنوان یک عامل ایجادکننده پساب نقش مهمی در الگوی پخش پساب در آب دریا را دارد که در جدول ۴ این مشخصات ذکر شده است.

جدول ۴- مشخصات کانال دبی خروجی پساب آب شیرین کن کنارک

نوع داده ورودی	واحد	مقدار
سمت قرارگیری کانال	-	چپ
زاویه ورودی کانال نسبت به دریا	degrees	۹۰
شیب کف	degrees	۱/۴۳۲۱
عمق پساب کانال	m	۱/۵
نوع کانال	-	مستطیلی
عرض کانال	m	۲
عمق کانال پساب	m	۱/۵

## ۶- نتایج و بحث



شکل ۷- نمودار جذر و مد به همراه سرعت جریان

جدول ۶- محدوده پخش شوری و اختلاط میدان نزدیک در سناریوهای مختلف برای شرایط بیشینه و کمینه سرعت جریان و زمان های مختلف اسلک



محدوده اختلاط میدان نزدیک (m) از خط ساحلی	محدوده پخش شوری طول در عرض (m)	زمان پس از اسلک (ساعت)	سرعت جریان (متر بر ثانیه)	حالت سرعت	
۳۳	۳۳ در ۳۳	۱			
۶۵	۴۰ در ۶۵	۲			
۶۵	۴۵ در ۹۸	۳	۰/۰۵۷	بیشینه	
۱۳۰	۴۰ در ۱۳۰	۴			سناریوی اول
۵/۵	۵۰ در ۱۲	۱			
۲۷	۱۲۰ در ۴	۲	۰/۰۱	کمینه	
۳۸	۱۵۰ در ۵۵	۳			
۲۳	۱۱۵ در ۳۶	۴			
۳۲	۶۰ در ۴۰	۱			
۶۶	۸۰ در ۷۰	۲	۰/۰۵۷	بیشینه	
۹۸	۹۰ در ۱۰۰	۳			
۱۳۰	۱۰۰ در ۱۳۰	۴			سناریوی دوم
۱۲/۵	۱۳۰ در ۲۸	۱			
۱۸	۱۲۰ در ۲۴	۲			
۴۰	۲۰۰ در ۶۰	۳	۰/۰۱	کمینه	
۵۰	۲۳۰ در ۷۵	۴			
۳۳	۱۰۵ در ۴۵	۱			
۶۵	۱۰۵ در ۴۵	۲	۰/۰۵۷	بیشینه	
۹۸	۱۶۰ در ۱۱۰	۳			
۱۳۰	۱۸۰ در ۱۴۰	۴			سناریوی سوم
۹	۱۳۰ در ۲۲	۱			
۴۰	۲۶۰ در ۶۰	۲			
۲۶	۲۰۰ در ۴۵	۳	۰/۰۱	کمینه	
۳۴	۲۳۰ در ۵۵	۴			

### ۱-۶- صحت‌سنجی

به‌منظور صحت‌سنجی مدل‌سازی و اعتبار نتایج پخش شوری خروجی آب‌شیرین‌کن در اطراف کانال خروجی در دریا، عکس‌های هوایی که در سال‌ها و ماه‌های مختلف گرفته شده و دارای کیفیت مناسبی هستند، توسط نرم‌افزار Google Earth استخراج شد و با نتایج خروجی مدل CORMIX، مقایسه گردید. شکل ۸، الگوی پخش شوری برای دبی ۳ متر مکعب بر ثانیه با سرعت جریان حداکثر ۰/۰۵۷ متر بر ثانیه بعد از ۲ ساعت پس از اسلک را نشان می‌دهد.



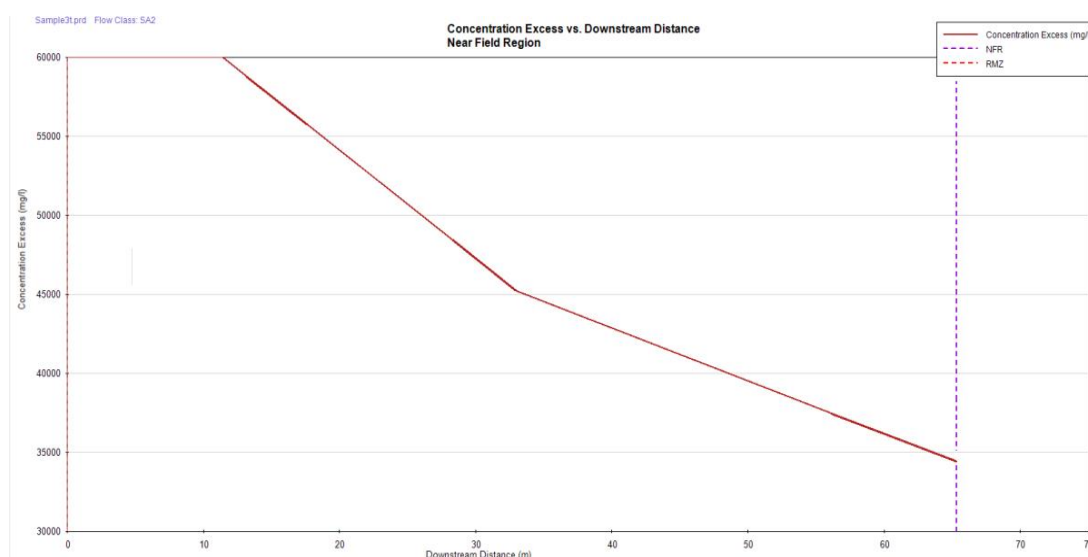
شکل ۸- الگوی پخش شوری برای دبی ۳ متر مکعب بر ثانیه با سرعت جریان ۰/۰۵۷ متر بر ثانیه

با بررسی‌های انجام‌شده، مشاهده شد که عکس هوایی که مربوط به تاریخ ۲۰۱۳/۰۴/۰۳ است، نسبت به سایر عکس‌ها، وضوح مناسب‌تری برای ارزیابی محدوده پخش شوری در آب دریا دارد. همانطور که در شکل ۹ مشاهده می‌شود، نتایج خروجی مدل کورمیس با عکس هوایی مقایسه و ارزیابی گردید. نتایج نشان



می‌دهد که محدوده‌ی پخش شوری در واقعیت با خروجی نرم‌افزار تقریباً یکسان است. همچنین شکل ۱۰، غلظت در محدوده‌ی اختلاط میدان نزدیک در این سناریو را نشان می‌دهد که محدوده غلظت در طول ۴۵ و عرض ۱۰۵ متر است.

شکل ۹- مقایسه عکس هوایی پخش شوری به تاریخ ۲۰۱۳/۰۴/۰۳ با خروجی مدل کورمیکس



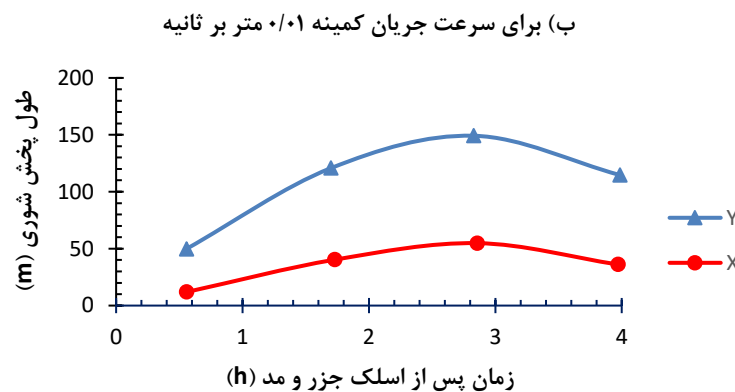
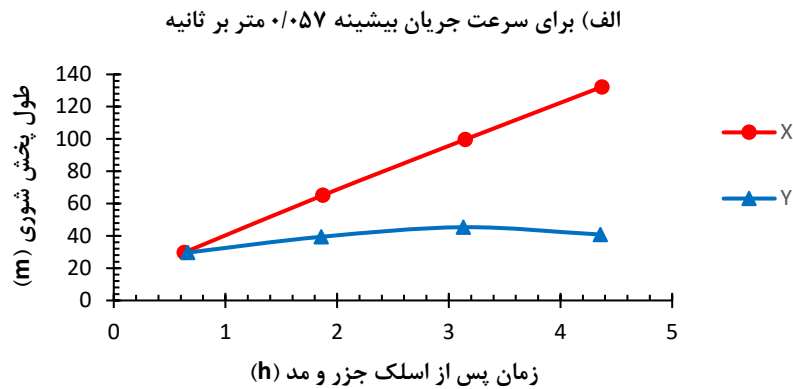
شکل ۱۰- غلظت در محدوده اختلاط میدان نزدیک برای دبی ۳ مترمکعب بر ثانیه با سرعت جریان حداکثر ۰/۰۵۷ متر بر ثانیه بعد از ۲ ساعت پس از اسلک

### ۲-۶ اثر مدت زمان اسلک در شرایط جزرومد

کمینه سرعت جریان، پرداخته شده است. شکل ۱۱، تاثیر مدت زمان پس از اسلک در شرایط جزرومد بر روی طول پخش شوری برای دبی ۰/۸۳ مترمکعب بر ثانیه نشان می‌دهد.

در این بخش به بررسی اثر جزرومد بر روی میزان پخش شوری پساب آب شیرین کن در سناریوهای مختلف برای شرایط بیشینه و

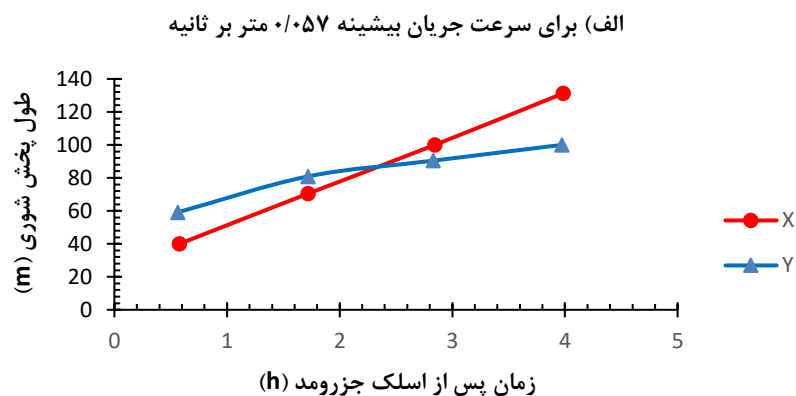




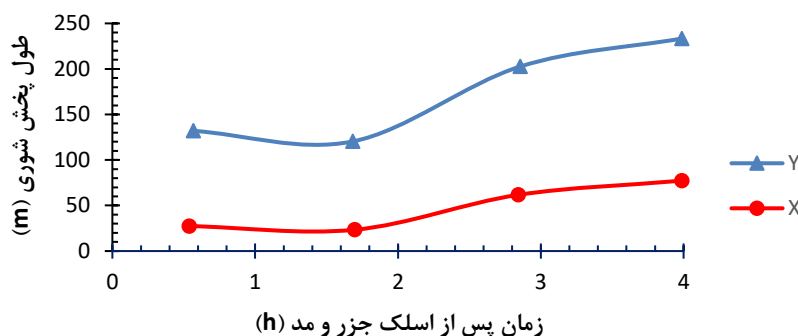
شکل ۱۱- تأثیر مدت زمان پس از اسلک در شرایط جزرومد بر روی طول پخش شوری برای دبی  $0.83$  مترمکعب بر ثانیه

پایین جریان حاصل از جزرومد است. به عبارت دیگر سرعت خروجی جریان پساب بر سرعت جزرومد غلبه داشته و به همین علت این عامل روی میزان پخش در جهت راستای خروجی یعنی در جهت Y تأثیر بیشتری دارد. شکل ۱۲، تأثیر مدت زمان پس از اسلک در شرایط جزرومد بر روی طول پخش شوری برای دبی  $1/5$  مترمکعب بر ثانیه نشان می‌دهد.

همان‌طور که از نمودارها مشاهده می‌گردد، در حالت الف، در شرایط جزرومد با افزایش زمان پس از اسلک، میزان طول پخش پساب در دریا افزایش می‌یابد که به علت بالا بودن سرعت جریان حاصل از جزرومد، این عامل روی میزان پخش در جهت عمود بر خروجی یعنی در جهت X تأثیر بیشتری از خود نشان می‌دهد. در حالت ب، تا مدت زمان ۳ ساعت پس از اسلک، با افزایش زمان، میزان طول پخش پساب در دریا افزایش می‌یابد ولی با افزایش بیشتر مدت زمان، مقدار آن کاهش می‌یابد. علت این امر، سرعت

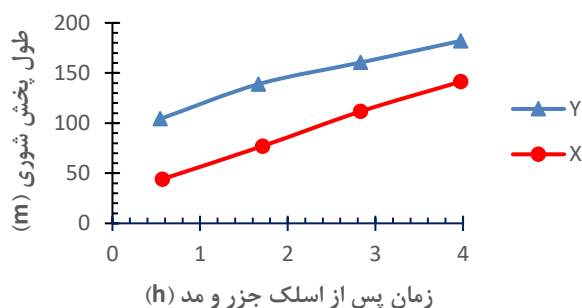


ب) برای سرعت جریان کمینه ۰/۰۱ متر بر ثانیه



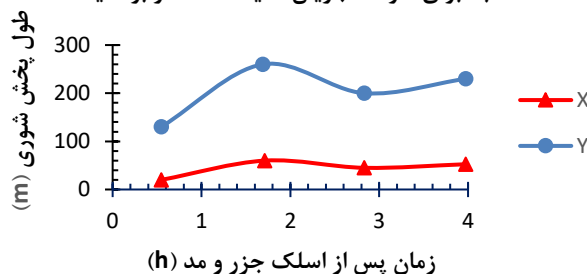
شکل ۱۲- تاثیر مدت زمان پس از اسلک در شرایط جزرومد بر روی طول پخش شوری برای دبی ۱/۵ مترمکعب بر ثانیه

الف) برای سرعت جریان بیشینه ۰/۰۵۷ متر بر ثانیه



زمان پس از اسلک جزر و مد (h)

ب) برای سرعت جریان کمینه ۰/۰۱ متر بر ثانیه



زمان پس از اسلک جزر و مد (h)

شکل ۱۳- تاثیر مدت زمان پس از اسلک در شرایط جزرومد بر روی طول پخش شوری برای دبی ۳ مترمکعب بر ثانیه

از طرف دیگر، در حالتی که سرعت جریان جزرومد کم است (حالت ب)، افزایش زمان پس از اسلک روی طول انتشار در جهت X آن چنان تغییری ایجاد نمی کند؛ اما در جهت Y در بازه یکتا دو ساعت به صورت افزایشی، سپس تا سه ساعت کاهش و دوباره افزایش می یابد. علت آن می تواند به دلیل افزایش عمق آب بعد از فاصله ۲۰۰ متری از ساحل و اثر متفاوت جزر و مد روی آن باشد.

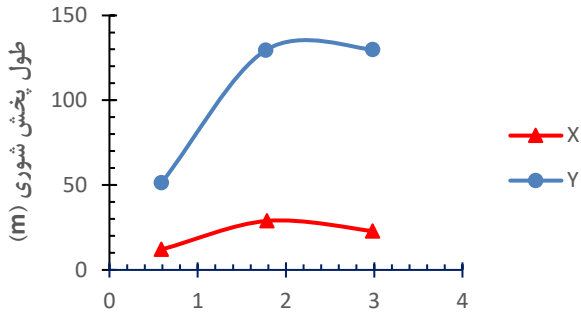
### ۳-۶- اثر دبی خروجی پساب

برای این سناریو در حالت الف، با افزایش زمان پس از اسلک در جزر و مد میزان طول پخش پساب در دریا افزایش می یابد که این عامل تا ۲/۵ ساعت بعد از اسلک روی میزان پخش در جهت راستای خروجی (Y) تأثیر بیشتری از خود نشان می دهد و علت آن غلبه کردن سرعت خروجی جریان پساب به اثر جزر و مد می باشد. از زمان ۲/۵ ساعت بعد از اسلک به دلیل افزایش اثر جزرومد روی دبی خروجی پساب، میزان فاصله پخش در جهت X بیشتر تغییر می کند. برای حالت ب، به دلیل پایین بودن سرعت جریان جزرومدی، اثر آن روی دبی خروجی پساب کمتر بوده و به همین دلیل پخش در جهت راستای خروجی پساب Y بیشتر مشاهده می گردد.

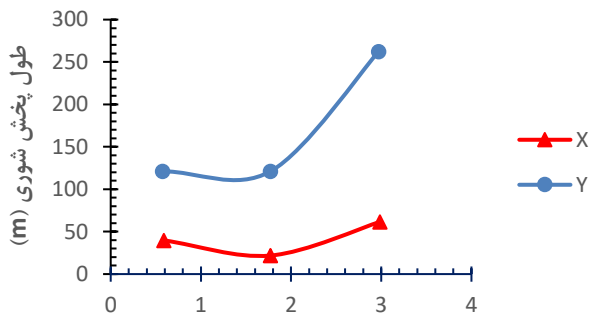
شکل ۱۳، تاثیر مدت زمان پس از اسلک بر روی طول پخش شوری برای دبی ۳ مترمکعب بر ثانیه نشان می دهد. همان طور که از نمودارها مشاهده می گردد، در حالت الف، افزایش زمان پس از اسلک منجر به افزایش میزان طول پخش پساب در دریا می گردد. به دلیل بالا بودن دبی خروجی، اثر آن روی طول پخش در راستای X کمتر می باشد که این امر منجر به افزایش بیشتر طول پخش در جهت Y می شود. لذا می توان نتیجه گرفت که با افزایش دبی خروجی پساب در سناریوهای آتی واحد آب شیرین کن، اثر جزرومد در کاهش انتشار شوری در دریا کمتر می گردد و منجر به حاد شدن قضیه خواهد شد.

در این بخش به بررسی اثر دبی پساب خروجی بر روی میزان پخش شوری برای شرایط بیشینه و کمینه سرعت جریان و در زمان های مختلف پس از اسلک پرداخته شده است. شکل ۱۴، اثر دبی پساب خروجی را برای سرعت جریان ۰/۵۷ متر بر ثانیه نشان می دهد. همان طور که از نمودارها مشاهده می گردد، در مدت زمان های مختلف پس از اسلک، افزایش دبی پساب خروجی منجر به افزایش طول پخش شوری در آب دریا می گردد و همان طور که پیش بینی شده بود، تاثیر افزایش دبی در راستای خروجی (Y) بیشتر است و در جهت (X) کمتر نمایان می گردد.

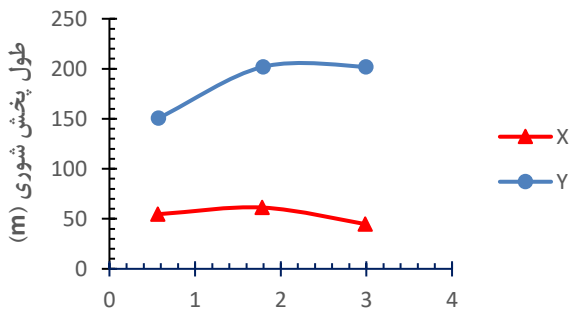
الف) ۱ ساعت پس از اسلک



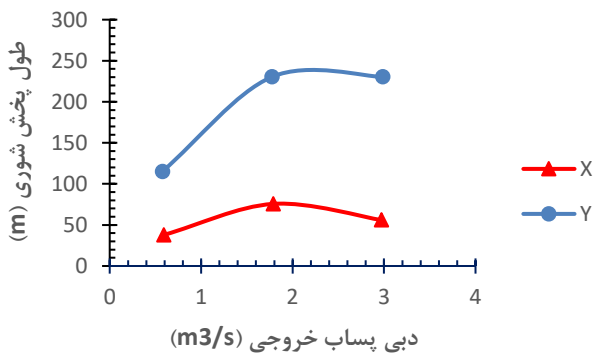
ب) ۲ ساعت پس از اسلک



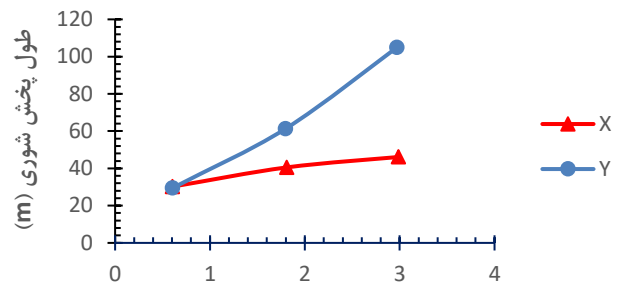
ج) ۳ ساعت پس از اسلک



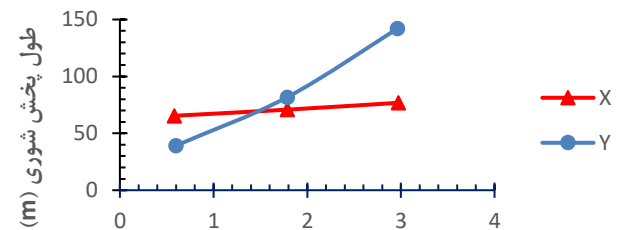
د) ۴ ساعت پس از اسلک



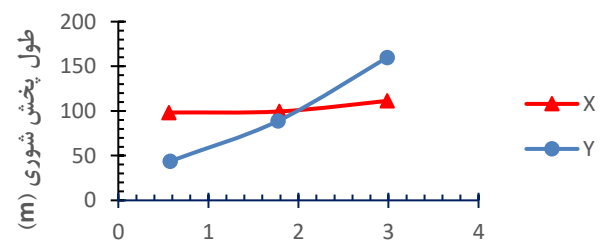
الف) ۱ ساعت پس از اسلک



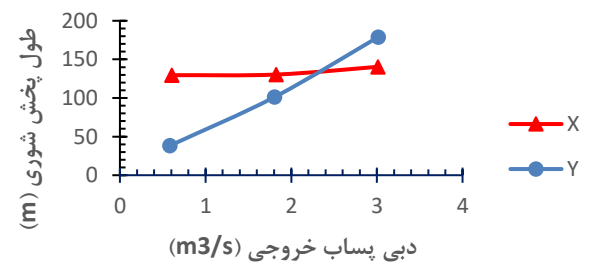
ب) ۲ ساعت پس از اسلک



ج) ۳ ساعت پس از اسلک



د) ۴ ساعت پس از اسلک



شکل ۱۴- تاثیر دبی پساب خروجی بر روی طول پخش شوری برای سرعت جریان ۰/۵۷ متر بر ثانیه

شکل ۱۵- تاثیر دبی پساب خروجی بر روی طول پخش شوری برای سرعت جریان ۰/۰۱ متر بر ثانیه

۴ ساعت بعد از اسلک صورت پذیرد و زمانی که پخش شوری در جهت  $X$  مدنظر می‌باشد و مسائل محیط زیستی اجازه افزایش غلظت در این جهت را نمی‌دهد بهتر است در سرعت‌های کمتر جریان خروجی پساب رخ دهد اما اگر مسائل محیط زیستی در جهت  $Y$  مهم می‌باشد بهتر است در سرعت‌های جریان بیشتر عملیات خروج پساب صورت بگیرد.

#### کلید واژگان

- 1- Al-Brawni
- 2- Malcangio
- 3- Purnalna
- 4- Maalouf
- 5- Yan
- 6- Fernandez

#### ۸ - مراجع

- 1- Abdul-Wahab et al., Optimization of multistage flash desalination process by using a two-level factorial design, Applied Thermal Engineering 27, 413-421, 2007.
- 2- Al-Barwani, Thuwayba, David W. Chapman, and Hana Am., Strategic brain drain: Implications for higher education in Oman, Higher Education Policy 22.4: 415-432, 2009.
- 3- Malcangio, D., Petrillo, A.F., Modelling of brine outfall at the planning stage of desalination plants, Desalination 254, 114-125, 2010.
- 4- Purnama, Anton, et al., CORMIX simulations of brine discharges from Barka plants, Oman, Desalination and Water Treatment 32.1-3: 329-338, 2011.
- 5- Sami Maalouf, Diego Rosso, and William W.-G Yeh., O., Optimal planning and design of seawater RO brine outfalls under environmental uncertainty, Desalination, no. 333, pp. 134-145, 2014.
- 6- Yan, Xiaohui., Numerical Simulation of the Long-term Balance of Salinity in the Persian Gulf," Diss. Université d'Ottawa/University of Ottawa, 2015.
- 7- Ángel Loya-Fernández, et al., Quantifying the efficiency of a mono-port diffuser in the dispersion of brine Discharges, Desalination Volume 431, Pages 27-34, 1, 2018.
- 8- Robet L. doneker, Gerhad H. Jirka., User manual for cormix, 2009.
- 9- Ghaderi, F., Azizi, F. and Tamaddoni, A., Selection of suitable areas for the construction of desalination plants based on the analysis of wind conditions in Southern regions of the country, Iran Water and Wastewater Science and Engineering Congress, University of Tehran, Tehran, February 16 and 18, 2016. (In Persian)

شکل ۱۵، تاثیر دبی پساب خروجی را برای سرعت جریان  $0.1$  متر بر ثانیه در زمان‌های مختلف پس از اسلک نشان می‌دهد. همان‌طور که از نمودارها مشاهده می‌گردد، در زمان یک و دو ساعت بعد از اسلک، با افزایش دبی پساب خروجی، طول پخش شوری در آب دریا افزایش می‌یابد. البته این اثر در جهت  $X$  کمتر نمایان می‌شود. نکته قابل توجه این است که در حلت الف، با افزایش دبی بیشتر از  $1/5$  مترمکعب بر ثانیه، افزایش دبی تقریباً تأثیری روی طول پخش شوری در دریا ندارد درحالی‌که در حالت ب، این روند برعکس است و با افزایش دبی تا  $1/5$  مترمکعب بر ثانیه، تقریباً تأثیری روی طول پخش شوری در دریا ندارد. در حالت ج، در زمان سه ساعت بعد از اسلک، دبی پساب خروجی، فقط در جهت  $Y$  و در بازه دبی  $0.183$  تا  $1/5$  مترمکعب بر ثانیه، اثر می‌گذارد و در جهت  $X$  اثر قابل توجهی ندارد. در حلت د، در زمان چهار ساعت پس از اسلک، در بازه دبی  $0.183$  تا  $1/5$  مترمکعب بر ثانیه، طول پخش شوری هم در جهت  $X$  و هم در جهت  $Y$  با افزایش دبی، افزایش می‌یابد ولی برای دبی بیشتر از  $1/5$  مترمکعب بر ثانیه، اثر قابل توجهی بر روی طول پخش شوری ندارد.

#### ۷- نتیجه گیری

نتایج اصلی و مهم این تحقیق به شرح زیر می‌باشد:  
 افزایش زمان پس از اسلک در سرعت‌های بالای جریان جذر و مد، اثر بیشتری روی فاصله پخش شوری در جهت عمود بر خروجی پساب ( $X$ ) دارد و منجر به افزایش طول پخش پساب در جهت ( $X$ ) می‌گردد.  
 افزایش زمان پس از اسلک در سرعت‌های پایین جریان جذرومد، اثر بیشتری روی فاصله پخش شوری در جهت راستای خروجی پساب ( $Y$ ) دارد و منجر به افزایش بیشتر طول پخش پساب در جهت  $Y$  می‌گردد.  
 در دبی‌های بالاتر افزایش زمان پس از اسلک هم در سرعت‌های بالای جریان جذرومد و هم در سرعت‌های پایین جذر و مد، اثر بیشتری در افزایش طول پخش پساب در جهت  $Y$  دارد.  
 افزایش دبی خروجی پساب، تاثیر بیشتری روی طول پخش شوری در جهت  $Y$  دارد.  
 با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از سناریوهای مختلف می‌توان به‌طور کلی نتیجه گرفت که افزایش دبی پساب منجر به پخش شوری بیشتر در آب دریا می‌گردد اما در حالت‌هایی می‌توان این پخش را با سرعت جریان و زمان جذرومد مدیریت کرد؛ به‌طوری‌که افزایش دبی تأثیر کمتری روی پخش آب‌شور در دریا داشته باشد. لذا با بررسی نتایج پیشنهاد می‌گردد پساب خروجی در ساعت‌های

10- Extracted from the atmospheric model of the Institute of Geophysics, University of Tehran. (In Persian)

11- Miri, M., The effect of desalination effluent on the structure of the population of polychaetes in the Chabahar Gulf region, Master Thesis, Khorramshahr University of Marine Sciences and Technology, p.81, 2012. (In Persian)