



مرکز بررسی اطلاعات و پژوهش

سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی‌رانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارایه این اثر در سایت SID می‌نماید.



سازمان بنادر و دریانوردی





نهمین همایش بین المللی سواحل، بنادر و سازه های دریایی  
**ICOPMAS 2010**  
 10-8 آذر ماه ( تهران )



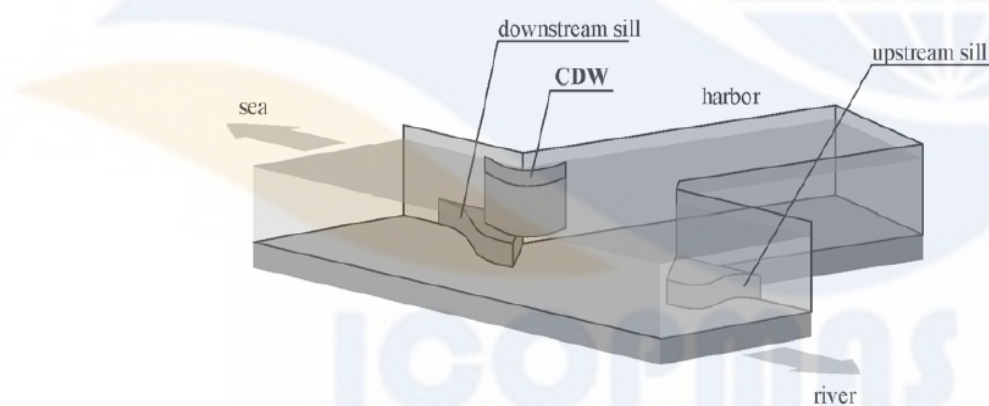
## کاهش رسوبگذاری در بنادر جزر و مدی با استفاده از دیوار انحراف جریان

داریوش والی زاده ، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران آب ، دانشگاه صنعتی امیرکبیر ، [dary\\_valizadeh@aut.ac.ir](mailto:dary_valizadeh@aut.ac.ir) ،  
 مرتضی کلاهدوزان ، استادیار ، دانشگاه صنعتی امیرکبیر ، [mklhdzan@aut.ac.ir](mailto:mklhdzan@aut.ac.ir)

کلید واژه: بندر، رسوب، دیوار انحراف جریان، جزر و مد.

### 1- مقدمه

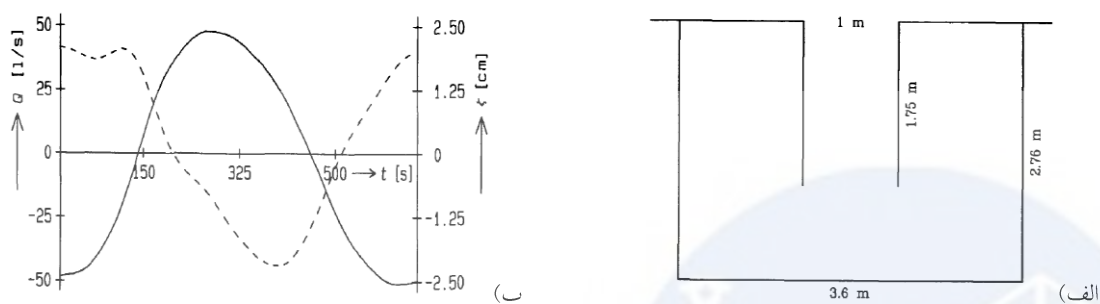
رسوبگذاری یک مشکل همیشگی در بنادر رودخانه‌های جزر و مدی و نیز در خورها بوده است. هزینه‌های بالای لایروبی سبب شده است که مطالعات زیادی جهت بررسی فرآیندهایی که در رسوبگذاری بندر نقش دارند، انجام شده و روش‌ها و مدل‌های گوناگونی برای کمی کردن نرخ رسوبگذاری و ارائه راه‌حلهایی جهت کاهش آن پیشنهاد شود. اختلاف چگالی در طول ورودی بندر، یک نیروی محرک برای جریان‌های چگال به داخل بندر است. جهت رفع این مشکل و نیز تأمین امنیت ناوبری، عملیات لایروبی بایستی به‌طور مداوم صورت گیرد. لذا می‌توان به‌جای خروج مواد رسوبی از بندر، ترجیحاً از ورود رسوبات در همان ابتدا جلوگیری کرد. در این تحقیق تاثیر دیوار انحراف جریان (شکل 1) بعنوان سازه جلوگیری کننده از ورود رسوبات به بندر تحت شرایط جزر و مدی مورد نظر می‌باشد.



شکل 1) دیوار انحراف جریان و اجزای آن

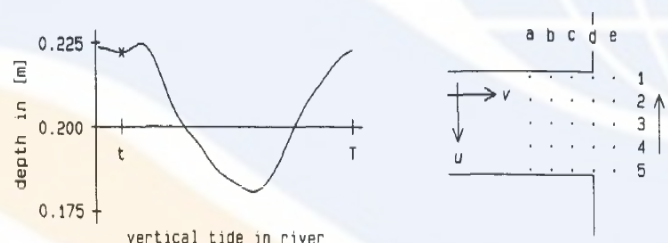
این سازه اولین بار توسط آقای هرمان کریستیانسن اختراع شد و به ثبت رسید [1]. تحقیقات نشان داده است که با احداث این دیواره نرخ رسوبگذاری در ورودی حوضچه بندر به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد [2]. Hofland و همکاران (2001) عملکرد CDW و تأثیر آن بر تبادل جریان و به دنبال آن کاهش رسوبگذاری را در شرایطی که اختلاف چگالی نیز وجود دارد، به صورت آزمایشگاهی بررسی کردند [3]. مطالعه روی مدل فیزیکی بندر Parkhafen در هامبورگ آلمان برای یافتن بهترین پیکربندی از CDW، از جمله تحقیقات دیگر گزارش شده در این زمینه است [4]. با توجه به آزمایشات مدل هیدرولیکی Kuiper، یک دیوار انحراف جریان دوقسمتی که با یک فاصله (گپ) از هم جدا شده‌اند و شکلی شبیه بال هواپیما دارد، به عنوان مناسب‌ترین طرح که از جدایی جریان جلوگیری می‌کند و موجب تشکیل گردابه آزاد می‌شود، مورد توجه قرار گرفت [4]. بررسی عملکرد CDW همچنین به صورت عددی توسط Stoschek و همکاران [5]، Ditschke و همکاران [6] انجام شده است.

مدل عددی حاضر بر اساس مدل فیزیکی سیستم جزر و مدی راه آبی روتردام و بندر بوتلک (Botlek) آماده گردید. این مدل فیزیکی در دانشگاه صنعتی دلفت در کشور هلند ساخته شد [7]. راه آبی روتردام، در نزدیکی بندر بوتلک، دارای عرضی حدود 600 متر و عمق 15 متر می‌باشد. برای ساخت مدل فیزیکی، عمق میانگین آب در فلوم برابر با 0/2 متر قرار داده شد که این موضوع منجر به تولید مقیاس طول برابر با 600، مقیاس عمق برابر با 75، مقیاس سرعت برابر با 8/66، و مقیاس زمان برابر با 69/3 گردید. در نتیجه پیروی مدل برای یک جزر و مد روزانه برابر با 650 ثانیه می‌باشد. بندر بوتلک دارای سطحی برابر با 3/5 کیلومتر مربع می‌باشد که در نتیجه مساحت مدل برابر با 10 متر مربع خواهد بود. هندسه مدل در شکل (2-الف) نشان داده شده است.



شکل (2) الف- هندسه مدل فیزیکی بندر جزر و مدی بوتلک و ب- شرایط مرزی جریان [7]

جریان در فلوم با معرفی یک تراز سطح آب سینوسی با دامنه 0/025 متر در محل گذر از دریا به فلوم تولید شد. سرعت ماکزیمم جریان جزر و مدی در حدود 0/20 متر بر ثانیه بود. شکل (2-ب) دبی و تراز جزر و مدی در فلوم در مقابل بندر را در طول یک سیکل جزر و مدی نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود اختلاف فازی در حدود 60 ثانیه بین دبی در فلوم و تراز جزر و مدی وجود دارد. مؤلفه‌های سرعت مطابق شکل (3) در ورودی بندر اندازه گرفته شده‌اند.



شکل (3) نقشه محل اندازه‌گیری مؤلفه‌های سرعت در جلوی ورودی بندر

### 3- مدل‌سازی عددی

در این تحقیق از مدل سه‌بعدی MIKE 3 جهت مدل‌سازی عددی استفاده شده است. نرم‌افزار MIKE 3 یک مدل عددی غیر هیدروستاتیکی است که برای گستره بزرگی از کاربردها چون مهندسی سواحل و دریاچه‌ها و رودخانه‌ها کاربرد دارد. مدل هیدرودینامیکی HD پایه در MIKE 3 می‌باشد. این مدل جریان‌های سه‌بعدی غیریکنواخت را با در نظر گرفتن اثرات تغییر چگالی، عوامل خارجی چون هواشناسی، جزر و مد و شرایط هیدروگرافی موجود شبیه‌سازی می‌نماید. مدل هیدرودینامیکی MIKE 3 معادله بقاء جرم و معادلات میانگین‌گیری شده ناوراستوکس (رینولدز) را با در نظر گرفتن اثرات آشفتگی و تغییرات چگالی و همچنین معادله‌های بقاء شوری و دما را در سه بعد به علاوه معادله حالت آب‌های شور که ارتباط دهنده چگالی موضعی به شوری یا حرارت یا فشار است را حل می‌نماید. جهت آگاهی از پس زمینه تئوریک MIKE3 HD می‌توان به (2007) DHI مراجعه کرد [8].

از آنجا که بندر مورد نظر در یک رودخانه جزر و مدی واقع شده‌است و رسوب غالب از نوع ریزدانه و چسبیده می‌باشد، از ماژول MT (انتقال رسوبات چسبیده) جهت مدل‌سازی انتقال رسوب و مورفولوژی استفاده می‌شود. چگونگی پیاده‌سازی تئوری انتقال رسوب در MIKE 3 را می‌توان در (2007) DHI جستجو کرد [8].

هندسه‌ی بندر جزر و مدی (شکل 2- الف)، در مدل MIKE 3 پیاده شده و شبکه‌بندی گردید. جهت شبکه‌بندی از مش بدون ساختار مثلثی استفاده شد. برای مثلث‌بندی، حداکثر مساحت المان برابر با 0/008 متر مربع و کوچکترین زاویه ممکن برابر با 26 درجه قرار داده شد. با توجه به اینکه جریان در ورودی بندر دارای پیچیدگی‌های بیشتری است، برای دستیابی به دقت بالاتر، حداکثر مساحت المان‌ها در این ناحیه به میزان تقریباً یک سوم کاهش یافت و برابر با 0/003 متر مربع قرار داده شد. در نهایت 3100 المان تولید شد. شرایط مرزی جریان به وسیله سری‌های زمانی که از شکل (2- ب) استخراج شدند در مدل وارد گردید. بدین صورت که در بالادست رودخانه شرط مرزی از نوع دبی، و در پایین‌دست یعنی سمت دریا شرط مرزی از نوع تغییرات تراز سطح آب قرار داده شدند. در مدل MIKE 3 برای مدل‌سازی آشفتگی از مفهوم ویسکوزیته گردابی در دو راستای افقی و قائم استفاده می‌شود. در اینجا از مدل آشفتگی اسماکورینسکی در راستای افقی و از مدل  $k - \epsilon$  در راستای قائم استفاده شد. پارامترهای استفاده شده در مدل در جدول 1 آورده شده است. در مازول MT غلظت ثابت  $0.5 \text{ kg} / \text{m}^3$  در هر دو مرز به عنوان شرط مرزی در نظر گرفته شد. رسوب ورودی به سیستم دارای سه جزء بوده که شامل سیلت ریز، سیلت متوسط و سیلت درشت می‌باشد. اثرات فولوکوله شدن در اینجا در نظر گرفته نشده است و از سرعت سقوط ثابت استفاده می‌شود. جدول 2 پارامترهای مورد استفاده در مازول MT را نشان می‌دهد.

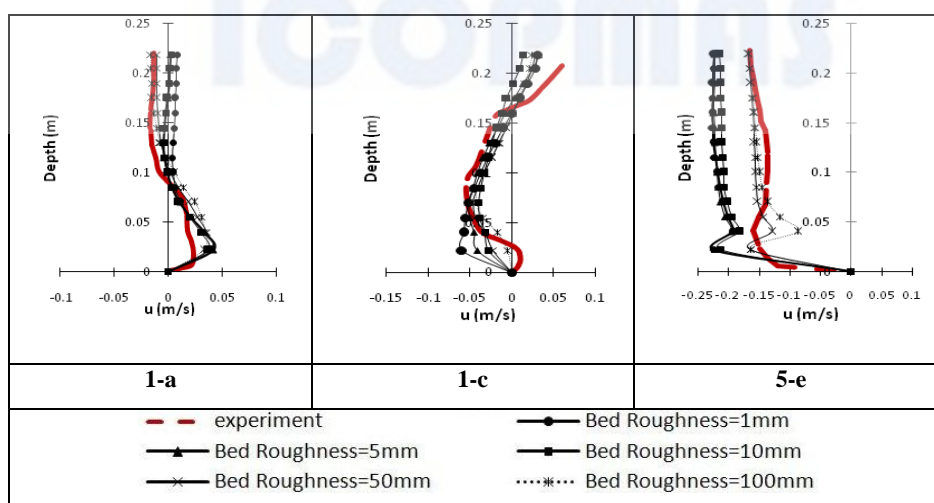
جدول 1) پارامترهای مدل هیدرودینامیک

$\Delta t=0.0065 \text{ sec}$ , No. of layers=10, $T=18^\circ\text{C}$	
Turbulence modelling	
k- $\epsilon$ model (vertical): $k=1\text{e-}007 \text{ [m}^2/\text{s}^2]$ , $\epsilon=5\text{e-}010 \text{ [m}^2/\text{s}^2]$	Smogorinsky model (horizontal): $c_s=0.28$
$c_1\text{e}=1.44$ , $c_2\text{e}=1.92$ , $c_3\text{e}=0$ , Prandtle number=0.9, $c_{my}=0.09$ , $\sigma_k = 1$ , $\sigma_\epsilon = 1.3$	

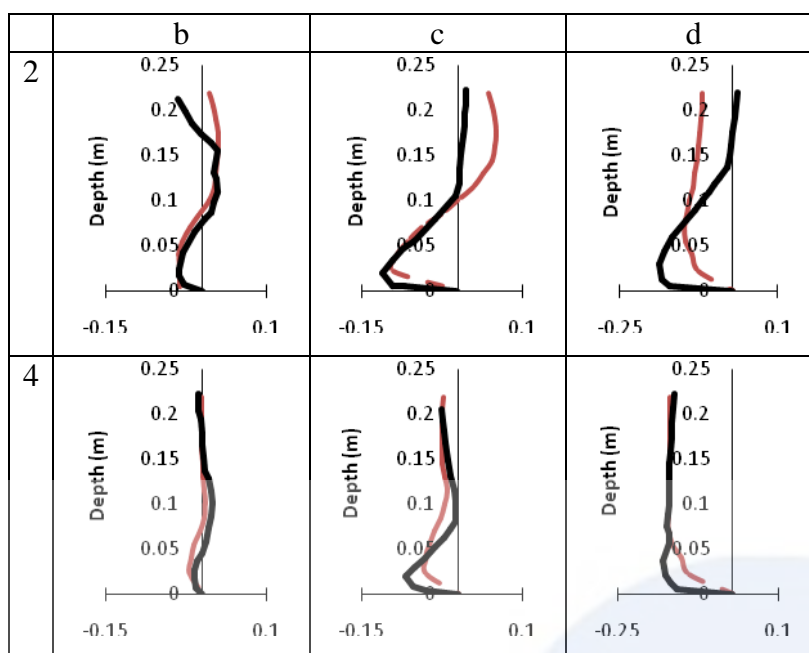
جدول 2) پارامترهای مدل انتقال رسوب

Settling velocity	No. of layers=1	Critical bed shear stress for deposition= $0.07 \text{ N/m}^2$
Fraction 1: 0.6 (mm/s)	Erosion description: Hard mud	
Fraction 2: 0.45 (mm/s)	Layer density= $600 \text{ kg/m}^3$	Critical bed shear stress for deposition= $1 \text{ N/m}^2$
Fraction 3: 0.2 (mm/s)	Layer thickness= 1m	

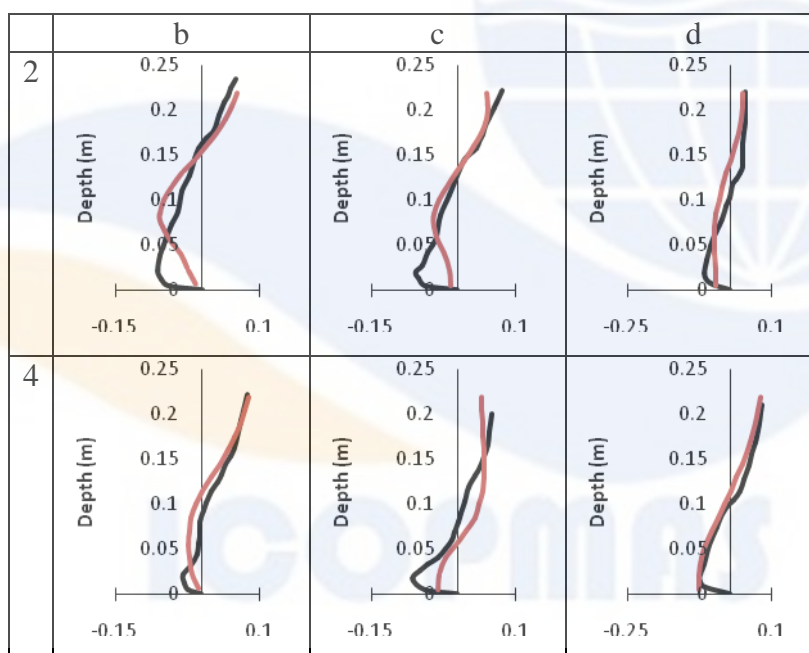
جهت کالیبراسیون مدل هیدرودینامیک، پارامتر ارتفاع زبری بستر به عنوان پارامتر کالیبراسیون در نظر گرفته شد. مقادیر خروجی مدل به ازای زبری‌های مختلف با مقادیر اندازه‌گیری شده مؤلفه سرعت  $u$  در نقاط  $(I-a)$ ،  $(I-c)$  و  $(5-e)$  که به صورت تصادفی انتخاب شده بودند، مقایسه شدند. شکل (4) نتایج کالیبراسیون زبری را نشان می‌دهد. همانطور که نتایج کالیبراسیون نشان می‌دهند، در تمام نقاط انتخابی، نتایج مدل‌سازی با زبری 100 میلی‌متر همبستگی بهتری با نتایج اندازه‌گیری شده از آزمایش دارند. لذا در نهایت برای مدل‌سازی هیدرودینامیک جریان زبری بستر برابر با 100 میلی‌متر انتخاب شد. در شکل‌های (5) و (6) نتایج مدل‌سازی به ازای زبری بستر برابر با 100 میلی‌متر در دیگر نقاط اندازه‌گیری ارائه شده است.



شکل 4) نتایج تحلیل حساسیت روی ارتفاع زبری بستر



شکل 5) مقایسه پروفیل‌های عمقی مؤلفه سرعت II حاصل از مدلسازی با مقادیر آزمایشگاهی در زمان مد کامل، —: نتایج حاصل از مدلسازی، —: مقادیر آزمایشگاهی



شکل 6) مقایسه پروفیل‌های عمقی مؤلفه سرعت V حاصل از مدلسازی با مقادیر آزمایشگاهی در زمان مد کامل، —: نتایج حاصل از مدلسازی، —: مقادیر آزمایشگاهی

به جهت چاره‌اندیشی برای جلوگیری از ورود رسوبات به درون بندر شناخت مکانیسم‌های تبادل جریان بین بندر و رودخانه کاملاً ضروری می‌باشد. با توجه به اینکه قسمت عمده رسوبات معلق هنگام مد کامل وارد حوضچه بندر می‌شود، بررسی مکانیسم تبادل جریان بین بندر و رودخانه را روی این بازه زمانی از جزر و مد متمرکز می‌کنیم.

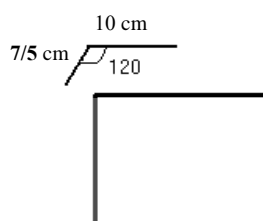
جریان در ورودی بندر ترکیبی از جریان تبدالی ناشی از اختلاف چگالی و گردابه ایجاد شده به وسیله جریان مد می‌باشد (شکل 8). شکل‌های (5) و (6) نشان‌دهنده توزیع سرعت در ستون آب در بندر جزر و مدی می‌باشد. پروفیل‌های مؤلفه سرعت V در مقطع 3 نشان‌دهنده وجود یک جریان تبدالی چگالی در ورودی بندر می‌باشند. جریان با چگالی بالاتر در نزدیک بستر تقریباً از تمام عرض ورودی وارد



بندر می شود (مقطع  $d$ )، در حالیکه آب با چگالی کمتر در نزدیکی سطح از بندر خارج می شود. شکل (8) وجود یک گردابه در ورودی را نشان می دهد.

#### 4- بررسی اثرات نصب CDW روی رسوبگذاری درون حوضچه

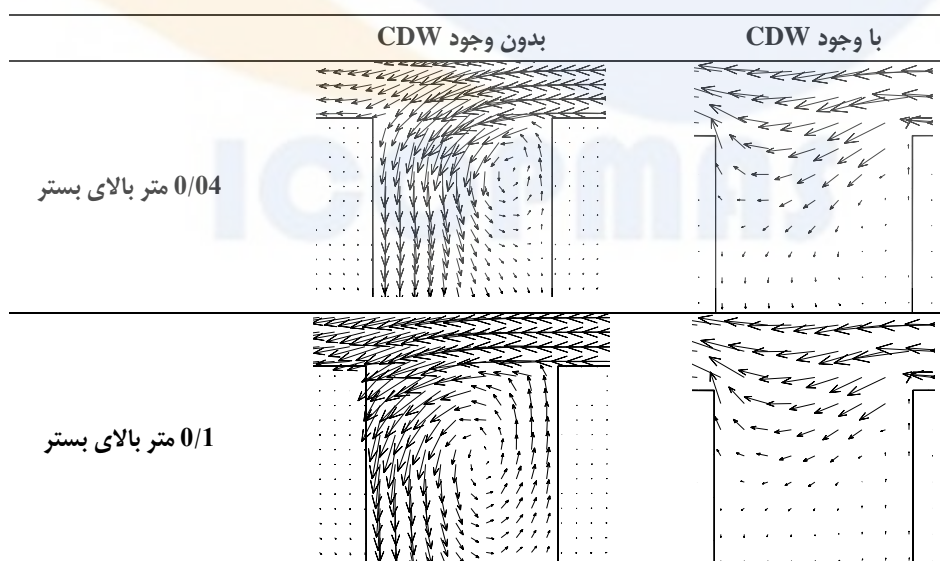
در این قسمت با اضافه کردن یک CDW به ورودی بندر قصد داریم تأثیر این سازه را روی تبادل جریان بین رودخانه و بندر و رسوبگذاری درون حوضچه بررسی کنیم. این سازه دارای دو دیوار می باشد که یک دیوار به طول 10 سانتیمتر به موازات رودخانه می باشد و دیوار دیگر به طول 7 سانتیمتر بصورت مایل و با زاویه 120 درجه به آن متصل شده است (شکل 7).



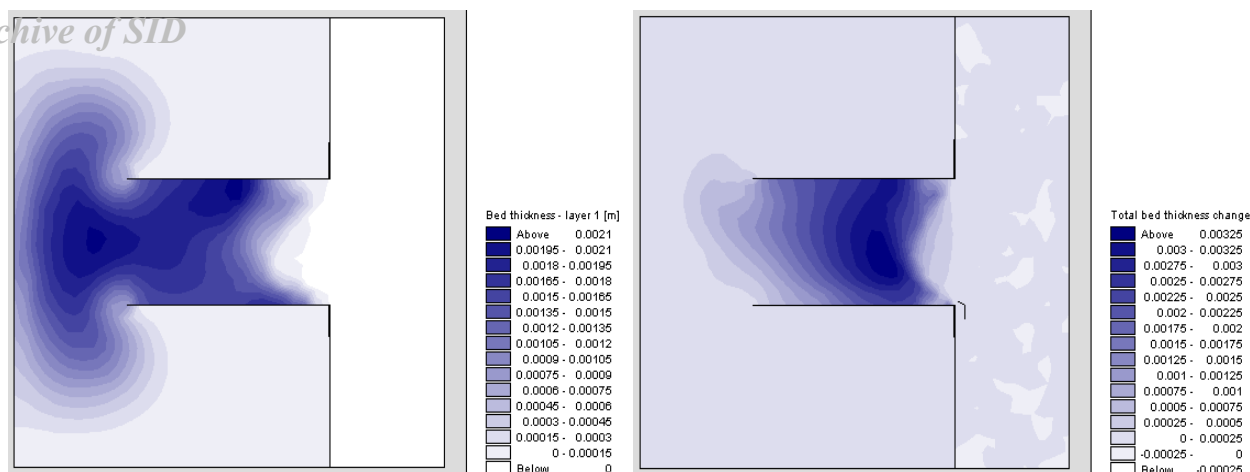
شکل 7) نصب CDW در گوشه بالادست ورودی بندر (سمت دریا)

تأثیر اصلی CDW تغییر دادن الگوی جریان در ورودی بندر و در نتیجه کاهش تبادل آب میان رودخانه و بندر است. شکل (8) به خوبی گویای این نکته است. جریان آبی که از پشت CDW خارج می شود باعث بیرون راندن لایه اختلاط ایجاد شده در ورودی، به درون رودخانه، و در نتیجه تضعیف گردابه تشکیل شده در ورودی می شود. با تضعیف گردابه تبادل آب بین بندر و رودخانه کم می شود. ملاحظه می شود که جریان خروجی از پشت CDW هنگام مد، در تمام عمق آب به عنوان یک مانع در مقابل ورود رسوبات به درون حوضچه عمل می کند. در نتیجه تأثیر جریان تبدالی در اثر اختلاف چگالی را به مقدار زیادی کاهش می دهد.

شکل (9) تغییر الگوی رسوبگذاری درون حوضچه را نشان می دهد. همانطور که ملاحظه می شود بعد از نصب CDW اولاً حجم رسوب وارد شده به درون حوضچه به مقدار قابل توجهی (33%) کاهش یافته است و ثانیاً رسوبات وارد شده به درون حوضچه غالباً در قسمت دالان ورودی ته نشین شده اند. حداقل مزیت این الگوی رسوبگذاری این است که لایروبی آن ساده تر و کم هزینه تر از حالت بدون CDW می باشد. با نصب CDW در گوشه ورودی بندر بعد از گذشت زمان 3 ساعت یعنی حدود 20 جزر و مد، حجم رسوب ورودی به بندر از  $0.00575 \text{ m}^3$  به  $0.0038 \text{ m}^3$  کاهش یافت.



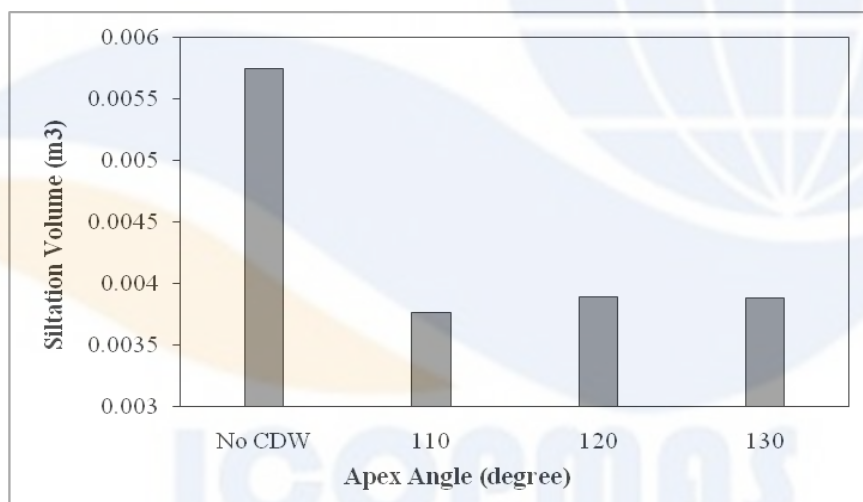
شکل 8) الگوی جریان در ورودی بندر جزر و مدی هنگام مد کامل در حضور CDW



شکل 9) الگوی رسوبگذاری درون حوضچه بندر، (a) حالت بدون وجود CDW و (b) با وجود CDW

#### 4-1- تأثیر زاویه رأس دیوار روی عملکرد CDW

3 زاویه رأس 110، 120 و 130 درجه برای بررسی تأثیر زاویه رأس در نظر گرفته شد. شکل (10) و نتایج این بررسی را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهند که با زاویه رأس 110 درجه میزان رسوبگذاری تا حدی کمتر از دو زاویه دیگر است. این موضوع احتمالاً به این دلیل است که با تنگ تر شدن زاویه دیوار جت خروجی از پشت دیوار بیشتر به درون بندر متمایل شده و نقطه سکون روی دیوار پایین دست از جلوی ورودی بندر دورتر می‌شود. لذا این جت خروجی از پشت دیوار علاوه بر اینکه احتمالاً رسوبات ته‌نشین شده در جلوی ورودی را به حرکت در آورده و به درون رودخانه منتقل می‌کند، به عنوان مانع قویتری در مقابل جریان تبدلی ناشی از اختلاف چگالی عمل می‌کند. باید توجه داشت که با کوچکتر کردن زاویه رأس، ممکن است دیوار همانند یک گوشه با زاویه قائم عمل کرده و کارایی خود را از دست بدهد.

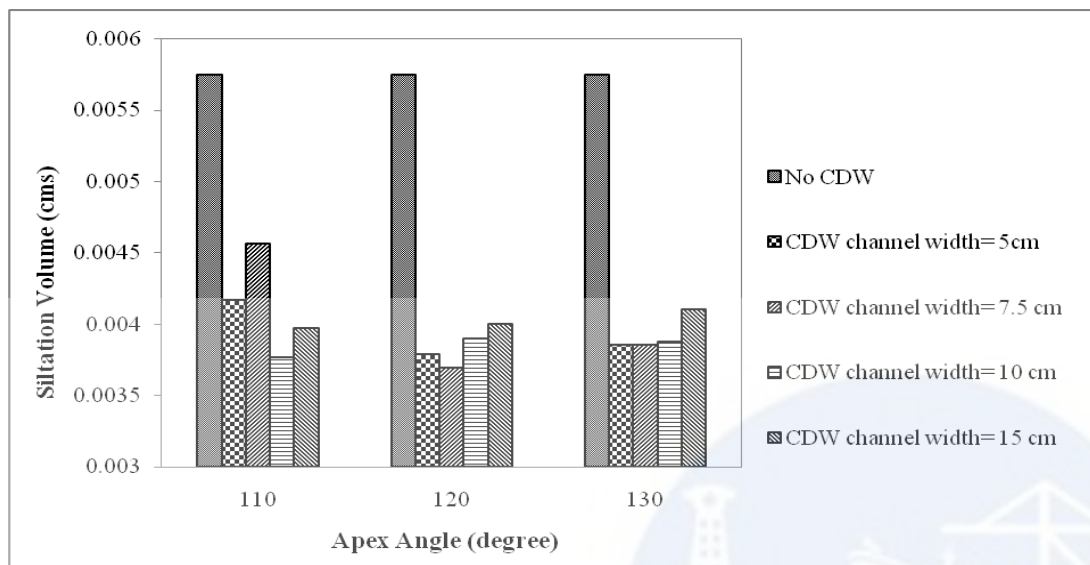


شکل 10) تأثیر تغییر زاویه رأس CDW روی میزان رسوبگذاری درون حوضچه بندر

#### 4-2- تأثیر فاصله دیوار از ساحل روی عملکرد CDW

در این قسمت میزان عملکرد CDW روی کاهش رسوبگذاری درون بندر برای چهار فاصله مختلف دیوار از ساحل بررسی گردید. بدین منظور چهار فاصله 5، 7/5، 10 و 15 سانتیمتر انتخاب گردید. شکل (11) نتایج را برای دیوارهای با زاویه‌های رأس متفاوت نشان می‌دهد. با توجه به فواصل در نظر گرفته شده، بیشترین میزان تأثیر این پارامتر روی کاهش یا افزایش عملکرد حدود (14) درصد می‌باشد. این عدد مربوط به افزایش میزان رسوبگذاری برای دیوار 110 درجه با فاصله 7/5 سانتیمتر نسبت به حالت ابتدایی (یعنی فاصله 10 سانتیمتر) می‌باشد. البته برای دو زاویه رأس دیگر فاصله 7/5 سانتیمتر عملکرد بهتری را نشان می‌دهد و در هر دو حالت حدود 5 درصد به کاهش رسوبگذاری درون حوضچه کمک کرده است. با افزایش فاصله دیوار و ساحل میزان رسوبگذاری نسبت حالت ابتدایی بیشتر می‌شود. با این توصیف مشخص می‌شود که فاصله بین CDW و ساحل پارامتر بسیار مهمی در دستیابی به عملکرد بهتر است و برای طراحی یک CDW بهینه این پارامتر باید با دقت تعیین شود. واضح است که در فواصل بیشتر یا کمتر از مقادیر موردنظر، CDW عملاً کارایی خود را از دست خواهد داد. زیرا اگر فاصله بین

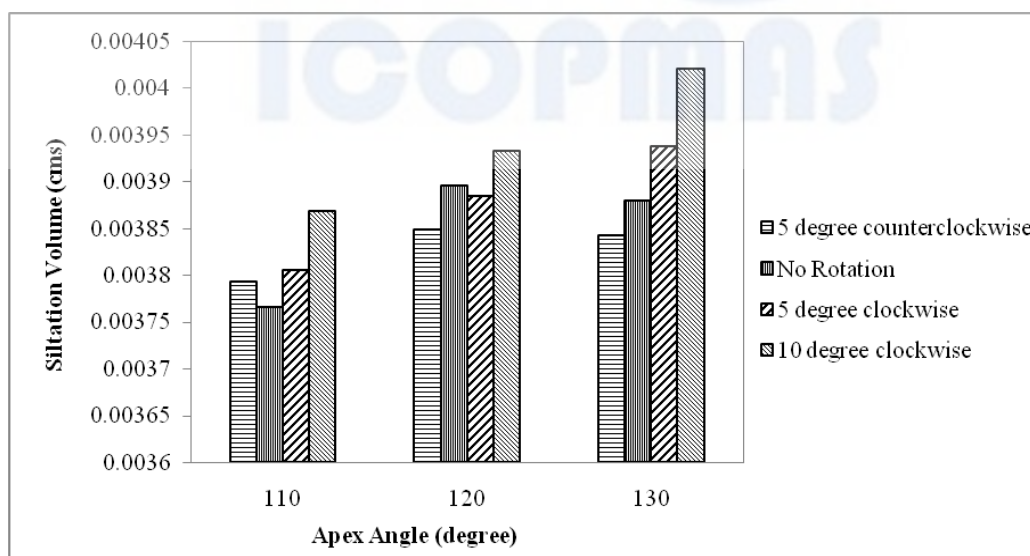
Archive of SID  
 CDW و ساحل بیش از حد باشد عملاً جریان اضافی به درون بندر منحرف نخواهد شد و اگر شکاف بین CDW و ساحل خیلی کم باشد، جریان اضافی خروجی از پشت CDW قدرت لازم را برای بیرون راندن لایه اختلاط به درون رودخانه و ایجاد مانع برای ورود رسوبات معلق به درون حوضچه نخواهد داشت.



شکل 11) میزان رسوبگذاری درون حوضچه بندر جزر و مدی برای فاصله‌های متفاوت دیوار از ساحل

### 3-4- تأثیر چرخش دیوار حول رأس روی عملکرد CDW

برای بررسی تأثیر پارامتر چرخش دیوار حول رأس روی عملکرد CDW سه حالت در نظر گرفته شد. این سه حالت به ترتیب یک چرخش 5 درجه‌ای در خلاف جهت عقربه‌های ساعت و دو چرخش 5 و 10 درجه‌ای در جهت عقربه‌های ساعت می‌باشند. شکل (12) نتایج این بررسی را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج بدست آمده ماکزیمم تأثیر این پارامتر، در محدوده ذکر شده، روی افزایش یا کاهش رسوبگذاری در حدود 5 درصد می‌باشد. در مورد زاویه رأس 110 درجه چرخش‌ها باعث افزایشی هرچند اندک در میزان رسوبگذاری نسبت به حالت بدون چرخش شده‌اند. این موضوع به این دلیل است که با چرخش دیوار در جهت پادساعتگرد اولاً با تنگ‌تر شدن شکاف بین دیوار و ساحل جریان اضافی از پشت CDW به درون بندر کمتر می‌شود و ثانیاً این جریان خروجی از پشت CDW بیشتر درون حوضچه متمرکز می‌شود و کمتر به رودخانه باز می‌گردد و لذا سد ایجاد شده در مقابل ورود رسوبات معلق ضعیف‌تر می‌شود. از این رو انتظار می‌رود که رسوبات معلق بیشتری در این حالت وارد حوضچه شوند. در مورد چرخش دیوار در جهت ساعتگرد نیز دلیل اول یعنی کاهش حجم جریان اضافی از پشت CDW می‌تواند عامل اصلی افزایش رسوبگذاری نسبت به حالت بدون چرخش باشد.



شکل 12) حجم رسوبگذاری درون بندر جزر و مدی به ازای چرخش CDW حول رأس



با توجه به نتایج مدل‌سازی می‌توان گفت CDW الگوی جریان را در ورودی تغییر داده و به این ترتیب انتقال رسوبات به داخل بندر را کاهش می‌دهد. نتایج این تحقیق را می‌توان در موارد زیر خلاصه کرد که CDW الگوی جریان در ورودی را تغییر داده و تبادل جریان بین حوضچه و رودخانه را کم می‌کند و جریان غلیظ نزدیک بستر را منحرف کرده و از دهانه بندر دور می‌کند. جریان خروجی از پشت CDW به عنوان مانعی در مقابل جریان تبدالی در اثر اختلاف چگالی عمل می‌کند. زاویه رأس دیوار روی کارایی دیوار تأثیر دارد و با مدل‌سازی می‌توان زاویه بهینه را پیدا کرد. فاصله بین دیوار و ساحل تأثیر زیادی در کارایی CDW دارد و باید با مدل‌سازی مقدار بهینه آن مشخص شود. چرخش دیوار حول رأس روی عملکرد CDW تأثیر معنی‌داری دارد و بطور کلی می‌توان گفت در زاویه‌های رأس بازتر، با چرخش دیوار حول رأس در جهت پادساعتگرد می‌توان به عملکرد بهتری رسید.

## 4- مراجع

- 1- Christiansen, H., (1989), Flow Modification at the Bifurcation of a Branch Channel from a Main Channel Carrying a Water Flow. United States of America Patent 4,88,917. December 5.
- 2- Winterwerp, J. C., W. D. Eysink, F. W. Kruijning, H. Christiansen, R Kirby, and T. J. Smith., (1994), The current deflecting wall: A device to Minimise Harbor Siltation., *Dock Harbour Auth.* 74, no. 849 : 243-247.
- 3- Hofland, B., H. Christiansen, R.A. Crowder, R. Kirby, C.W. Van Leeuwen, and J.C. Winterwerp., (2001), The Current Defflection Wall in an Estuarine Harbour., *XXIX IAHR Congress.* Beijing, China, 613-621.
- 4- Kuijper, C, H Christiansen, M. J. Comelisse, and J. C. Winterwerp, (2005), Reducing Harbor Siltation. II: Case Study of Parkhafen in Hamburg. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering* (ASCE), 267-276.
- 5- Stoschek, O., A. Matheja, J. Geils, and C. Zimmerman., (2003), Dredging Alternatives- The Current Defflectin Wall Minimizing Dredging Activities in Harbours. *CEDA Dredging* . Amsterdam, Netherlands.
- 6- Ditschke, D., and M. Markofsky. (2003), Optimization of a Structure to Reduce Sedimentation in an Estuarian Harbor., *COPEDEC VI.* Colombo, Sri Lannka.
- 7- Langendoen, E. J. (1992). "Flow Patterns and Transport of Dissolved Matter in Tidal Harbors." PhD thesis, *Delft University of Technology*, Delft, The Netherlands.
- 8- Danish Hydraulic Institute – DHI, (2007), MIKE 3: Sediment transport, Mud Transport Module Scientific Documentation, Horsholm, Denmark.