

# بررسی عمق، طول و عرض آبستگي آبشکن نفوذپذیر در رودخانه

ناصر قانعی<sup>۱</sup>، عباس منصوری<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد عمران دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، ایران، Naser.Ghanie@Chmail.Ir

۲- استادیار گروه عمران دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، ایران. abbas\_mansoori2000@yahoo.com

## چکیده

رودخانه‌ها شریان‌های اصلی حیات کلیه سازه‌های آبی محسوب می‌شوند، رودخانه‌ها به لحاظ اهمیتی که این منابع طبیعی در برآورد نیازهای بشری دارد از دیرباز تاکنون مورد توجه بوده است به همین خاطر جهت انحراف جریان از ساحل فرسایش پذیر رودخانه و حفاظت دیواره خارجی رودخانه‌ها از سازه‌هایی مختلف، بایستی استفاده نمود در این تحقیق با مطالعه عددی بر روی سری آبشکن‌های مستقیم در شرایط آب زلال با نفوذپذیری +، ۳۵ و ۵۰ درصد، با تغییر در میزان دبی ورودی آبشکن‌ها انجام گرفته است و نتایج تحقیق نشان می‌دهد که در یک فاصله ثابت بین آبشکن‌ها هر چقدر دبی افزایش یابد میزان عمق آبستگي افزایش می‌یابد. به منظور بررسی عددی تاثیر نفوذپذیری آبشکن مستقیم بر الگوی جریان و آبستگي از مدل flow 3d استفاده می‌شود. در یک دبی ثابت با افزایش فاصله بین آبشکن‌ها، میزان نسبت عمق آبستگي به عمق جریان روند کاهشی دارد و بیشترین میزان عمق آبستگي در طول آبشکن اول اتفاق می‌افتد. همچنین در یک دانه بندی ثابت، با افزایش عدد فرود جریان، میزان عمق آبستگي به عمق جریان روند افزایشی دارد.

واژه‌های کلیدی: آبشکن، آبستگي، عمق جریان، Flow 3D

## مقدمه

آبشکن‌های تک با یک شکل هندسی ثابت صورت گرفته است. اما با توجه به بررسی‌های انجام شده، تحلیل آبشکن مستقیم با نفوذپذیری‌های مختلف تا کنون مورد مطالعه قرار نگرفته است. از این رو در این پژوهش سعی می‌شود با استفاده از آبشکن مستقیم با نفوذپذیری‌های مختلف (۰٪، ۳۵٪ و ۵۰٪)، اثرات الگوی جریان و آبستگي در مجموعه آبشکن‌ها به صورت عددی بررسی شود.

## روش تحقیق

در این پژوهش با استفاده از مدل عددی به آنالیز الگوی جریان اطراف آبشکن پرداخته خواهد شد. بعد از این مرحله آبستگي اطراف آبشکن مورد بررسی قرار می‌گیرد. که مدل سازی در دو حالت بدون آبشکن (حالت شاهد)، حضور آبشکن با انجام خواهد شد. ابتدا مدل سازی در دبی‌های مختلف و در شرایط

یکی از مهمترین عوامل فرسایش کناره‌ها و سواحل رودخانه آبستگي اطراف آن‌ها می‌باشد که با استفاده از آبشکن‌ها سعی می‌شود این فرسایش کاهش یابد اما به دلیل شرایط الگوی جریان، این آبستگي برای آبشکن‌ها نیز اتفاق می‌افتد. بحث آبستگي هر چند قدمتی طولانی در علم هیدرولیک دارد، لیکن به دلیل شرایط و پیچیدگی‌های خاص آن و همچنین به دلیل نبودن رابطه‌ای جامع و مناسب که بتواند پاسخگوی تمامی شرایط باشد همچنان مورد توجه خاص محققین علم هیدرولیک و مهندسی رودخانه است. آبستگي اطراف آبشکن‌ها ضرورت مطالعه در مورد پیش بینی آبستگي و راه‌های محافظت و کاهش آن را کاملاً روشن می‌سازد.

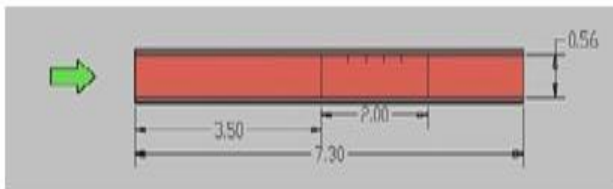
بررسی مطالعات قبلی نشان می‌دهد که مطالعاتی در خصوص کنترل و کاهش آبستگي اطراف

وارتفاع ۰/۶ متر انجام شده است. برای آبشکن بسته یا نفوذناپذیر، صفحه هایی به ارتفاع ۰/۳۵ متر و طول 20 درصد عرض فلوم یعنی ۰/۱۱ متر در نظر گرفته شد. برای آبشکن باز از یک سری میله با قطر ۳ میلیمتر و ارتفاع ۰/۳۵ متر و طول معادل با آبشکن بسته برای دو درصد بازشدگی که شامل ۳۵ درصد، ۵۰ درصد است، استفاده گردید. آبشکنها در یک بازه ۲ متری به فاصله ۰/۳۳ متر از یکدیگر نصب گردید و در هر سری چهار عدد آبشکن استفاده شد. کلیه آزمایشها در این بازه ۲ متری و تحت شرایط غیر مستغرق انجام گرفت. فاصله بین آبشکنها، سه برابر طول آبشکن انتخاب شد.

بدون آبشکن (شاهد) انجام شده و سپس با احداث آبشکن در دبی های مختلف مجددا مدل سازی انجام خواهد شد و در نهایت الگوی جریان و آبستتگی در حالت شاهد (بدون آبشکن) و حضور آبشکن مورد مقایسه قرار می گیرد.

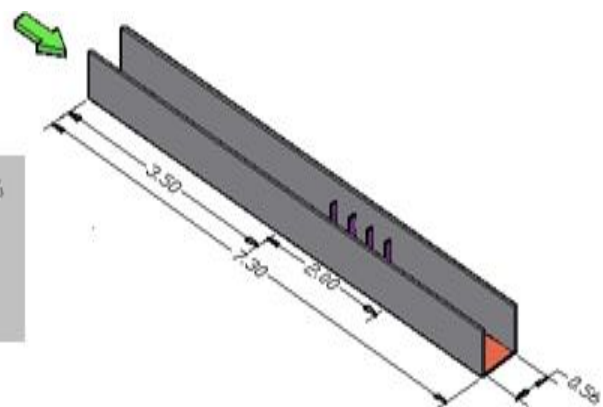
### هندسه مدل سازی

با توجه به شکل های (۱) و (۲) همانند مدل آزمایشگاهی مورد نظر هندسه مدل عددی مورد بررسی، در نرم افزار AutoCAD ترسیم گردید و سپس در مدل عددی فراخوانی خواهد شد. این مدل سازی درون کانالی با طول ۷/۳ متر و عرض ۰/۵۶ متر



شکل ۲-: پلان کانال در نرم افزار اتوکد

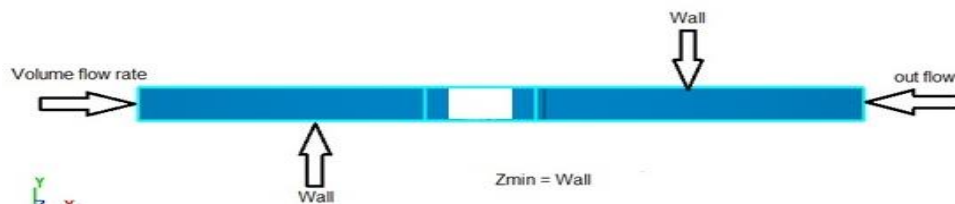
شده است. کناره ها با شرط مرزی دیواره و حداقل تراز Z به صورت دیوار صاف مدل شدند. در مرز فوقانی به صورت تقارن در نظر گرفته شد.



شکل ۱-: پیاده سازی کانال در نرم افزار اتوکد

### تعیین شرایط مرزی

شرایط مرزی در مدل عددی در شکل (۳) مشاهده می شود. مرز ورودی با دبی مشخص انتخاب گردیده است. مرز خروجی به صورت جریان خروجی مشخص



شکل ۳- شرایط مرزی

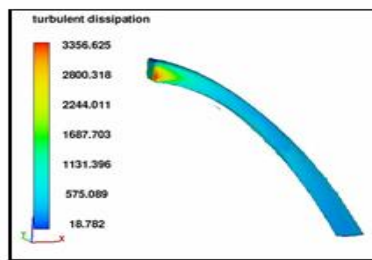
### تجزیه و تحلیل

#### الگوی جریان اطراف آبشکن‌ها

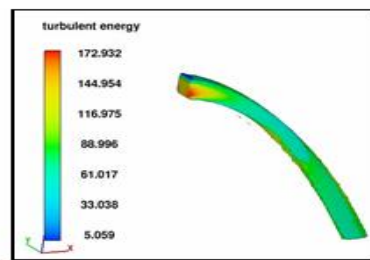
در اثر برخورد جریان آب با دماغه، یک نیم گرداب نسبتاً بزرگ تشکیل می‌شود. زنجیره جریان‌های چرخشی حاصل از این گرداب به سمت جلوتر حرکت کرده و در پایین دست دماغه، با تشدید فرسایش و انتقال موضعی مواد رسوبی، تشکیل چاله فرسایشی را در پی دارد. گرداب ایجاد شده در میدان آبشکن، به نوبه خود با جریان‌های چرخشی ایجاد شده در دماغه، در تداخل و تبادل دائمی می‌باشد. از این رو مجموعه

فرآیندهای سینماتیک و دینامیک بوجود آمده، الگوی جریان پیچیده‌ای را در دماغه و میدان آبشکن بوجود می‌آورد که پیش‌بینی تبعات فرسایشی و رسوبگذاری ناشی از آن چندان آسان نمی‌باشد.

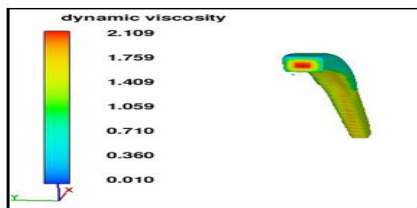
شکل‌های ۴ و ۵ به ترتیب توزیع انرژی آشفتگی و استهلاک آشفتگی را نشان می‌دهد حداکثر انرژی آشفتگی و استهلاک آن در محل برخورد با آبشکن و در تماس با جداره‌ها اتفاق می‌افتد و در ادامه تا انتهای آبشکن تقریباً مقادیر ثابتی را دنبال می‌کند.



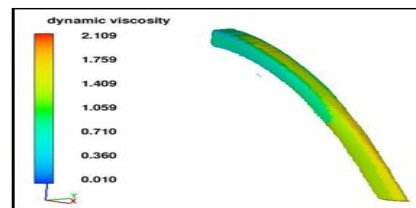
شکل ۵- توزیع نرخ استهلاک آشفتگی



شکل ۴- توزیع انرژی آشفتگی



(ب)



(الف)

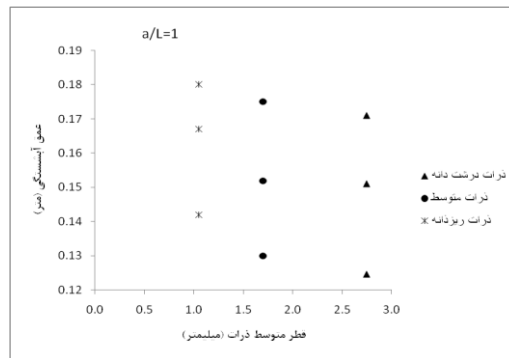
شکل ۶- توزیع ویسکوزیته دینامیکی الف و ب

نشان می‌دهد. با توجه به نمودار مشخص است که هرچه قدر قطر متوسط ذرات افزایش یابد میزان حداکثر عمق آبشستگی نسبی به عمق جریان کاهش می‌یابد. با توجه به اینکه ذرات دارای یک چگالی می‌باشند، با افزایش اندازه ذرات، وزن ذرات افزایش خواهد یافت و به صورت نیروی مقاوم در مقابل حرکت عمل کرده و باعث می‌شود مقدار عمق آبشستگی کاهش یابد.

شکل ۶ نشان می‌دهد توزیع ویسکوزیته دینامیکی حول محور اصلی آبشکن بوده که با کاهش عرض آبشکن توزیع آن در عرض یکنواخت شده بطوریکه حداکثر ویسکوزیته دینامیکی در مرکز آبشکن و در ابتدای آبشکن می‌باشد.

#### رابطه عمق آبشستگی با قطر متوسط ذرات

شکل ۷ تغییرات حداکثر عمق آبشستگی به قطر متوسط ذرات رسوبی برای فواصل بین آبشکن‌ها را

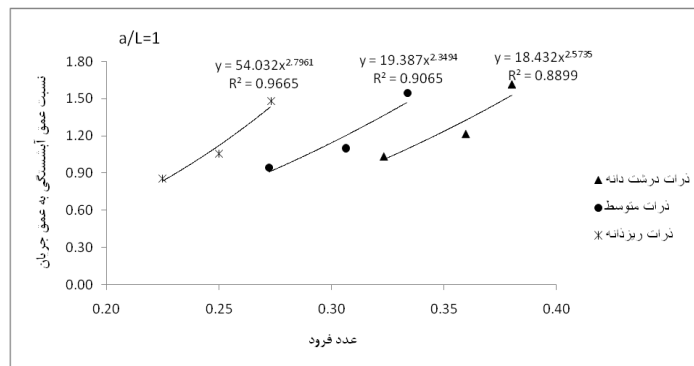


شکل ۷- رابطه عمق آبستگي با قطر متوسط ذرات

آبستگي بیشتر می‌گردد. دليل اين حالت اين می‌باشد که با افزایش قطر ذرات برای یک دبي ثابت، نیاز به کاهش عمق می‌باشد، در نتیجه سرعت آستانه حرکت ذرات افزایش یافته و با توجه به اینکه  $\frac{U}{U_c} = 0.95$  می‌باشد، با بزرگ شدن ذرات، ذرات با سرعت بیشتری شروع به حرکت می‌کنند. در نتیجه مقدار عدد فرود بزرگتر می‌گردد. روند تغییرات مشابهی نیز در مورد فواصل دیگر بین آبشکن‌ها نیز برقرار است. با توجه به روابط توانی، برازش داده شده بر داده‌ها، بیشترین میزان همبستگی بین داده‌ها، برای ذرات ریزدانه می‌باشد.

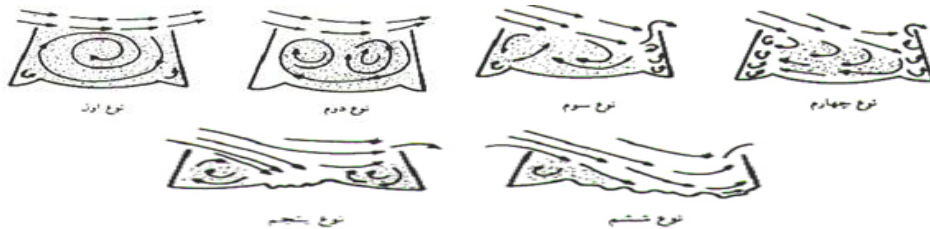
### تغییرات حداکثر عمق آبستگي با عدد فرود

شکل ۸ تغییرات حداکثر عمق آبستگي بر حسب اعداد فرود را برای اندازه‌های مختلف قطر ذرات رسوبي نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۸ مشخص است که با افزایش عدد فرود، میزان حداکثر عمق آبستگي نسبی برای یک قطر مشخص از مصالح بستر، افزایش می‌یابد. دليل این امر آن است که با زیاد شدن عدد فرود، سرعت جریان بیشتر شده و در نتیجه تنش برشی اعمالی از طرف جریان افزایش یافته و عمق آبستگي افزایش می‌یابد. همچنین با زیاد شدن قطر ذرات رسوبي، عدد فرود بزرگتر، سبب ایجاد



شکل ۸- رابطه عمق آبستگي نسبی با عدد فرود

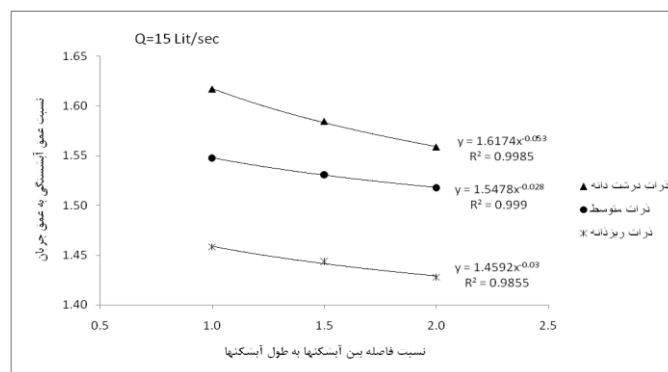
اثر فاصله بر روی حداکثر عمق آبستگي نسبي مطالعاتی که توسط کاپلند بر روی آبشکن‌ها انجام گرفته است، شش الگوی جریان را در محدوده و میدان آبشکن تیغه‌ای ساده مشخص کرده است. (شکل ۹)



شکل ۹- الگوی جریان ایجاد شده در محدوده

اغتشاش‌های جریان که منجر به ایجاد فرسایش می‌گردد، کاسته می‌شود. همانطور که در شکل مشخص است، این تغییر فاصله تأثیر قابل توجه بر روی حداکثر عمق فرسایش که در اطراف آبشکن اول اتفاق می‌افتد، ندارد. این روند در مورد دبی های ۲۹ و ۴۰ لیتر بر ثانیه نیز صادق است. با توجه به روابط توانی برازش داده شده بر داده‌ها بیشترین میزان همبستگی بین داده‌ها برای ذرات درشت دانه می‌باشد.

شکل ۱۰ رابطه بین تغییرات حداکثر عمق آبستگي نسبي با نسبت فاصله بین آبشکن به طول آبشکن را در یک دبی ثابت و دانه‌بندی مشخص، نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۱۰، در یک دانه‌بندی مشخص، با افزایش فاصله بین آبشکن‌ها، میزان حداکثر عمق آبستگي نسبي روند کاهشی دارد، و برای یک دبی ثابت، با افزایش فاصله بین آبشکن‌ها، میزان آبستگي کاهش پیدا می‌کند. این به این خاطر می‌باشد که با افزایش فاصله بین آبشکن‌ها، از میزان



شکل ۱۰- نسبت عمق آبستگي به عمق جریان در رابطه با نسبت فاصله بین آبشکن‌ها به طول آبشکن

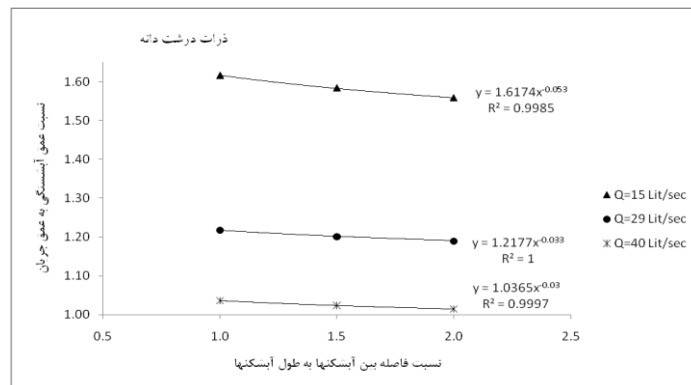
در یک دانه بندی ثابت (درشت دانه) و دبی مشخص، نشان می‌دهد. با توجه به شکل مشخص است که با ازدیاد فاصله بین آبشکن‌ها، نسبت حداکثر عمق آبستگي به عمق جریان در بالادست افزایش می‌یابد. دلیل این امر آن است که با افزایش فاصله بین

اثر فاصله بین آبشکن‌ها بر روی حداکثر عمق آبستگي برای ذرات ثابت

شکل ۱۱ نیز مقادیر نسبت حداکثر عمق آبستگي بین آبشکن اول و دوم به عمق جریان در بالادست را بر حسب نسبت فاصله بین آبشکن‌ها به طول آبشکن

ها، از نظر همبستگی، بیشترین میزان همبستگی بین داده‌ها، برای دبی ۲۹ لیتر بر ثانیه می‌باشد.

آبشکن‌ها، جریان گردابی کاملتری تشکیل می‌شود که نتیجه آن ایجاد فرسایش بیشتری در فضای بین آبشکن‌ها می‌باشد. با توجه به روابط توانی برآزش داده

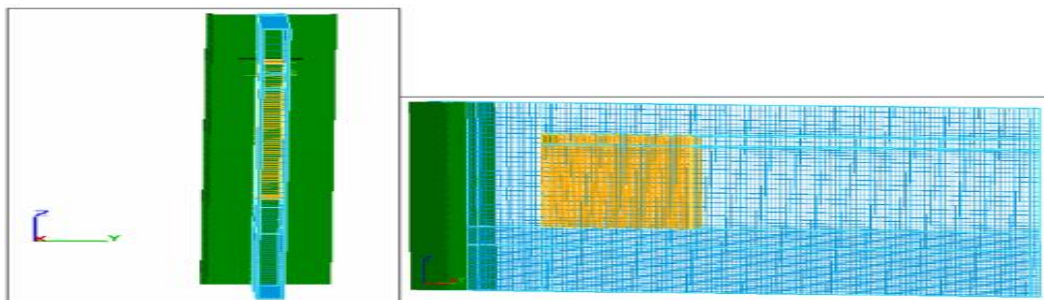


شکل ۱۱- نسبت عمق آبشستگی به عمق جریان در رابطه با نسبت فاصله بین آبشکن‌ها به عمق جریان

شبیه سازی 3 بعدی تشریح می‌گردد) که در امتداد محور اصلی آبشکن استقرار یافته استفاده شده است با معرفی یک سلول در امتداد عرضی شبکه (محور y) امکان معرفی شبکه 2 بعدی فراهم می‌شود. شکل (۱۲)

تجزیه تحلیل نتایج حاصل از شبیه سازی ۲ بعدی آبشستگی

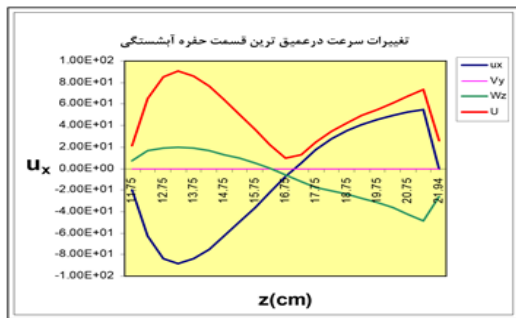
برای بررسی آبشستگی بصورت 2 بعدی از یک شبکه بندی با دو بلوک (علت استفاده از 2 بلوک در



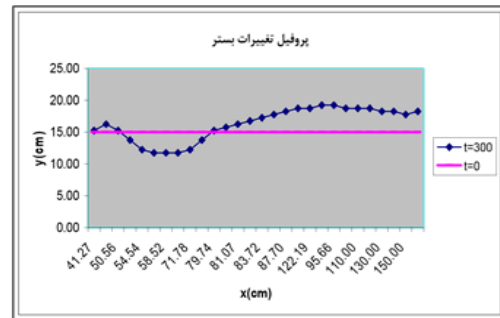
شکل ۱۲- شبکه بندی در نظر گرفته شده در تحلیل ۲ بعدی

گذاری می‌نمایند البته این رسوب گذاری در امتداد طولی حوضچه صورت گرفته و برخلاف نتایج مطالعات مشابه برآمدگی در پایین دست ایجاد نمی‌گردد. رسوبگذاری در امتداد طولی حوضچه سبب می‌شود ارتفاع رسوبات پایین دست بصورت لایه لایه افزایش یابد.

نتایج نشان می‌دهد پروفیل آبشستگی پس از 300 ثانیه تطابق خوبی با نتایج مطالعات مشابه ندارد. بدلیل عدم شکل گیری جریان‌های ثانویه عرضی در مدل 2 بعدی، جریان سیال علاوه بر کف کنی و ایجاد گودال در امتداد طولی رسوبات را بصورت بار معلق یا بار بستر در رودخانه جریان می‌یابد. این رسوبات پس از طی مسیر با از دست دادن سرعت ته نشین گردیده و رسوب



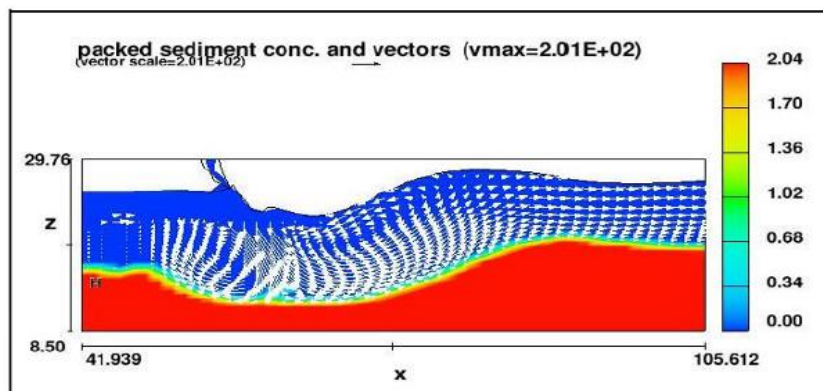
شکل ۱۴- تغییرات سرعت در حداکثر عمق آبشستگی



شکل ۱۳- پروفیل بستر پس از ۳۰۰ ثانیه

ماکزیمم بوده ولی در خلاف جهت یکدیگر که وجود جریان چرخشی در امتداد طولی آبشکن را نشان می دهد.

مطابق شکل (۱۴) پروفیل سرعت دارای دو نقطه پیک بوده که این دو نقطه تقریباً در عمقی معادل با ۶/۵٪ و ۸۵٪ از سطح آب شکل گرفته است. نمودار سرعت در جهت (x) نیز در همین اعماق دارای نقاط



شکل ۱۵- بردارهای سرعت در آبشکن

انتخاب گردید. در ابتدا میدان مسئله بوسیله یک بلوک مش بندی گردید. (شکل ۱۶) حساسیت شبکه یک بلوک برای بررسی تغییرات بستر رسوبات و الگوهای جریان در پایاب تنظیم گردیده بود. (شکل ۱۷) این شبکه بندی فاقد حساسیت کافی برای شبیه سازی آبشکن بود بگونه ای که امکان بررسی تغییرات سرعت، فشار به جریان آب فراهم نبود. (شکل ۱۸)

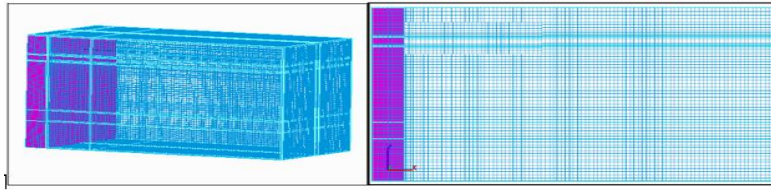
برای افزایش حساسیت شبکه بمنظور بررسی تغییرات پارامترهای دینامیکی آبشکن از لحظه شروع تا ورود به پایاب لازم بود اندازه سل ها کاهش پیدا می کرد که این امر باعث کاهش شدید گامهای زمانی و

شکل (۱۵) به وضوح نشان میدهد با ورود آبشکن رسوبات بستر کنده شده و بوسیله جریان به پایین دست انتقال می یابد سپس با شکل گیری جریان چرخشی در زیر سطح آزاد پایاب علاوه بر استهلاک جریان آب، بدلیل برخورد با این جریان چرخشی وظیفه شستن و انتقال رسوبات از کف به جریان چرخشی محول می گردد.

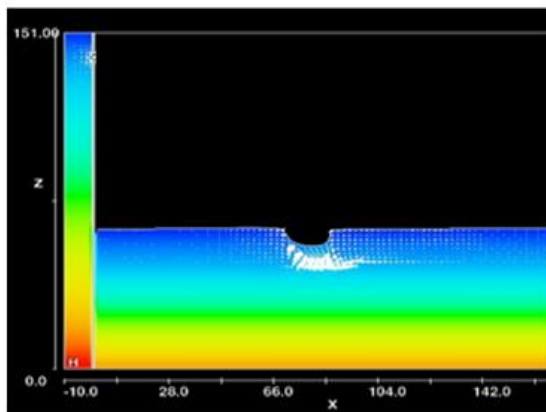
### تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از شبیه سازی ۳ بعدی آبشستگی

برای شبیه سازی ۳ بعدی آبشستگی در پایین دست آبشکن براساس آزمایشات مهدوی زاده (۱۳۸۵)

طولانی شدن زمان حل مسئله (CPU Time) می شد.



شکل ۱۶- مش بندی میدان مسئله با یک بلوک



شکل ۱۸- عدم حساسیت مدل به شبیه سازی آبشکن



شکل ۱۷- مشخصات شبکه یک بلوکه

های حاصل از مطالعات مشابهها استفاده گردید. در این رابطه داده‌های حاصل از مطالعات مشابهها مربوط به آبشکن مستقیم شکل مورد استفاده قرار گرفت. رابطه زیر حاصل این آنالیز بوده است.

$$\frac{h_s}{h} = 4.424 Fr^{1.063} \cdot \left(\frac{a}{L}\right)^{-0.0192} \cdot \left(\frac{d_{50}}{h}\right)^{-0.0194}$$

ارائه رابطه برازشی به منظور برآورد حداکثر عمق آبشستگی

به منظور ارائه فرم صریح ریاضی رابطه ۱ در تخمین عمق آبشستگی از برازش مدل توانی بر داده

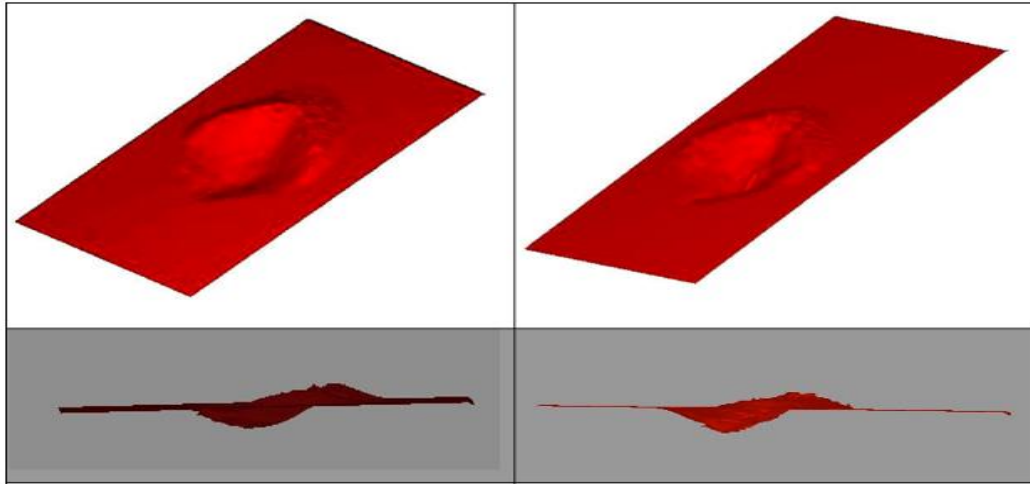
$$R^2 = 0.8$$

تصاویر 3 بعدی که توسط نرم افزار از آبشکن بعد از گذشت 300 ثانیه ارائه شده است کاملا مشابه تصاویر ارائه شده از مدل هیدرولیکی است. شکل های (۱۹) و (۲۰).

### بررسی ابعاد آبشکن

بررسی مقدماتی روی نتایج بدست آمده از اجرای مدل 3 بعدی FLOW3D روی 2 عمق پایاب ۷ و ۱۲ سانتی متر نشان می دهد شکل آبشکن تطابق بسیار خوبی با نتایج مطالعات مشابه دارد بگونه ای که





شکل ۲۰- آبشستگی با پایاب ۱۲ سانتی متر

شکل ۱۹- آبشستگی با پایاب ۷ سانتی متر

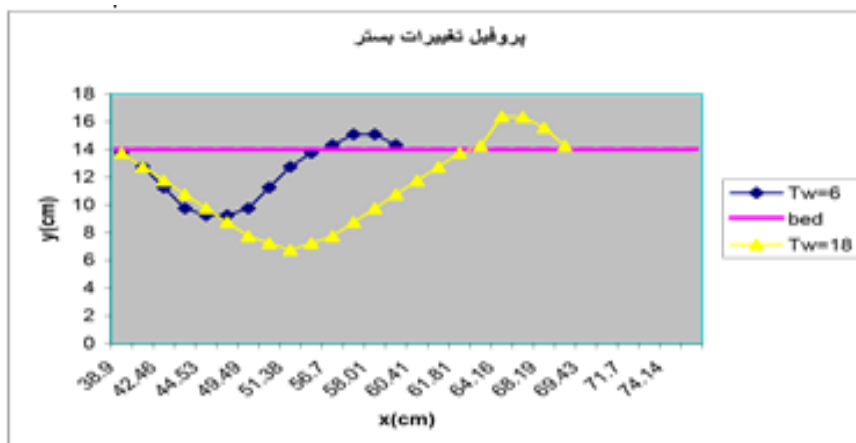
بدست آمده از شبیه سازی عددی آبشستگی در زمان  $t=300$  را در مقایسه با نتایج مطالعات مشابه در دو عمق پایاب نشان می دهد.

در شبیه سازی ۳ بعدی برخلاف شبیه سازی ۲ بعدی برآمدگی پایین دست آبشکن ایجاد گردیده که تطابق با نتایج مطالعات مشابه دارد. جدول (۳) نتایج

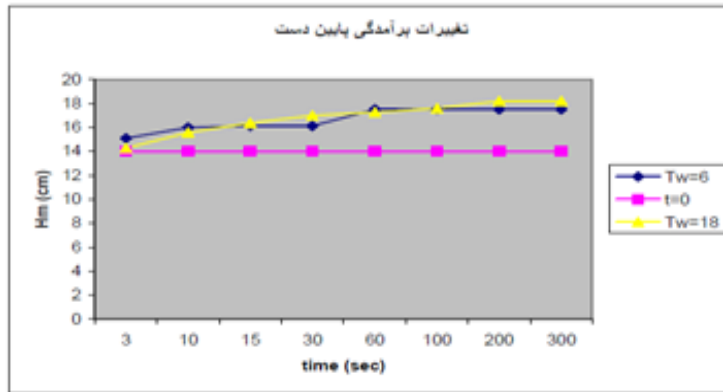
جدول ۳- مقایسه نتایج مدل عددی با نتایج مدل هیدرولیکی

	Tw=12 cm	Hc=35 cm	t=300s	
	hs (m)	Ws (m)	Ls (m)	Hm (m)
EXP	0.073	0.27	0.33	0.055
NUM	0.0725	0.48	0.361	0.042

	Tw=7 cm	Hc=35 cm	t=300s	
	hs (m)	Ws (m)	Ls (m)	Hm (m)
EXP	0.05	0.29	0.31	0.052
NUM	0.0475	0.315	0.305	0.035



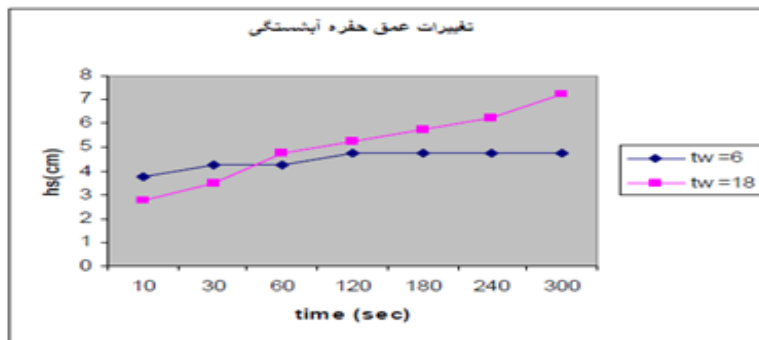
شکل ۲۱- مقایسه پروفیل آبشستگی در زمان  $t=300$ s برای دو عمق پایاب



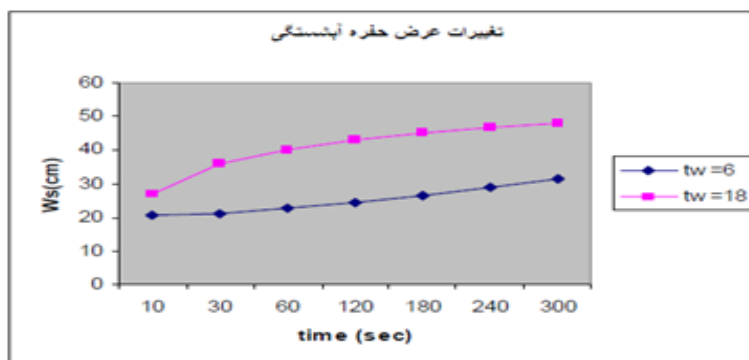
شکل ۲۲- تغییرات برآمدگی پایین دست

شیب منحنی پایاب ۶ سانتی متر است و نشان از تغییرات شدید عمق آبستگي در پایاب ۱۸ سانتی متری دارد. تغییرات عرض و طول آبشکن برای هر دو پایاب تا حدودی با شیب یکسان مشاهده می گردد. شکل های (۲۴) و (۲۵)

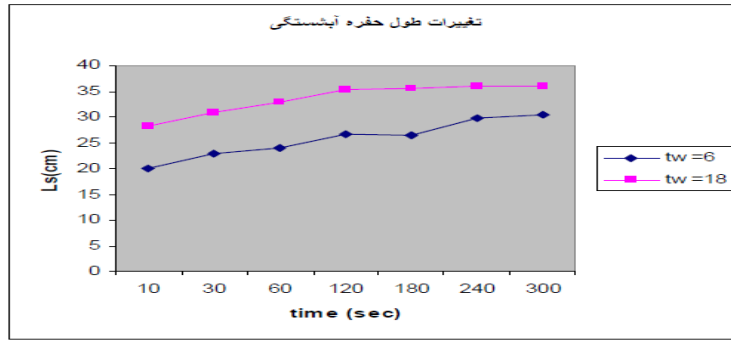
شکل های (۲۲)، (۲۳)، (۲۴) و (۲۵) به ترتیب تغییرات برآمدگی پایین دست (Hm)، عمق آبشکن (hs)، عرض آبشکن (Ws) و طول آبشکن (Ls) را در طی زمان ۳۰۰ ثانیه نشان می دهند. در شکل (۲۳) شیب منحنی مربوط به پایاب ۱۸ سانتی متر بیشتر از



شکل ۲۳- مقایسه تغییرات عمق آبشکن با زمان برای دو عمق پایاب



شکل ۲۴- مقایسه تغییرات عرض آبشکن با زمان برای دو عمق پایاب

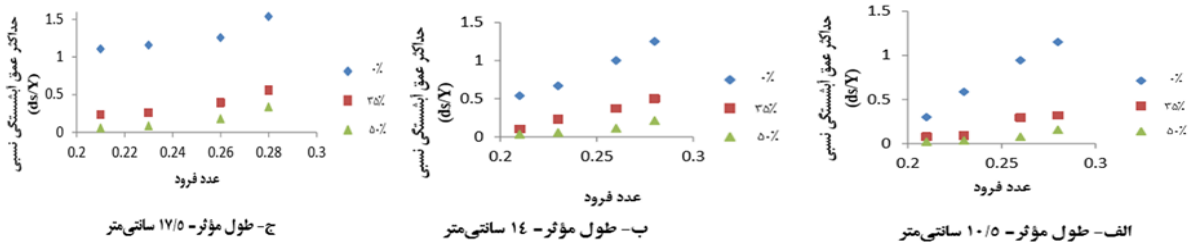


شکل ۲۵- مقایسه تغییرات طول آبشکن با زمان برای دو عمق پایاب

نفوذپذیری به میزان ۳۵ درصد نسبت به حالت ۰ درصد (نفوذناپذیر)، حداکثر عمق آبستگسی در عدد فرود ۰/۲۸ به ترتیب به میزان ۷۲/۱، ۵۹/۸، ۶۳/۷ درصد کاهش می یابد و همچنین با افزایش نفوذپذیری به میزان ۵۰ درصد نسبت به حالت ۰ درصد (نفوذناپذیر)، حداکثر عمق آبستگسی در عدد فرود ۰/۲۸ به ترتیب به میزان ۸۶/۴، ۸۲/۹ و ۷۸/۱ درصد کاهش می یابد.

### تأثیر تغییرات نفوذپذیری آبشکن بر ابعاد چاله آبستگسی

شکل ۲۶ (الف، ب و ج) نمودار بی بعد تغییرات حداکثر عمق آبستگسی برای آبشکن با درصد نفوذپذیری های مختلف (۰، ۳۵، ۵۰)، به ترتیب با طول مؤثر ۱۰/۵، ۱۴ و ۱۷/۵ سانتیمتر را نشان می دهد. با توجه به نتایج ارائه شده، در آبشکن با طول مؤثر ۱۰/۵، ۱۴ و ۱۷/۵ سانتی متر با افزایش



شکل ۲۶- اثر نفوذپذیری آبشکن بر تغییرات حداکثر عمق آبستگسی برای طولهای مؤثر متفاوت آبشکن

دارد طول آبشکن است. شکل ۲۹ (الف، ب و ج) اثر طول مؤثر آبشکن بر تغییرات حداکثر عمق آبستگسی را در آبشکنهای بسته و باز نشان میدهد. نتایج نشان می دهد که با افزایش طول مؤثر آبشکنهای بسته و باز، به علت افزایش تلاطم و تنش برشی بستر در مجاورت آبشکن، حداکثر عمق آبستگسی افزایش یافته است.

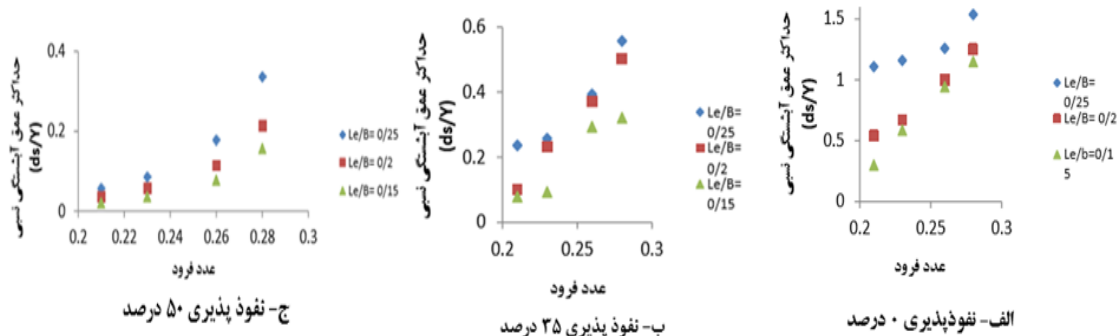
لازم به ذکر است که اثر طول مؤثر بر تغییرات طول و عرض چاله ی آبستگسی نیز مشابه عمق آبستگسی بود و با افزایش طول مؤثر مقدار آن ها

### تأثیر تغییرات طول مؤثر آبشکن بر ابعاد چاله آبستگسی

آبستگسی در پنجه سازه هایی که به منظور کنترل آبستگسی در ساحل خارجی، مورد استفاده قرار می گیرند اگر بیش از نفوذ سازه در بستر باشد، باعث واژگونی و تخریب سازه و در نتیجه تخریب ساحل خارجی می شود. بنابراین بررسی عمق و حجم آبستگسی و عوامل مؤثر بر آنها بسیار مهم است. از جمله پارامترهای مهمی که بر حداکثر عمق آبستگسی در اطراف آبشکن و نیز توپوگرافی بستر تأثیر مستقیم

آبشکن با طول ۱۷/۵ سانتی متر در عدد فرود ۰/۲۸ معادل ۰/۵۶ برابر عمق جریان می باشد که ۹/۷ درصد بیشتر از آبشکن با طول ۱۴ سانتی متر و 42/4 درصد بیشتر از آبشکن با طول ۱۰/۵ سانتی متر است. شکل ۲۷، ج- در حالت آبشکن با نفوذپذیری 50 درصد، بیشترین عمق آبستگی در عدد فرود 0/28 در آبشکن با طول ۱۷/۵ سانتی متر معادل ۰/۳۴ برابر عمق جریان می باشد که ۳۶/۳ درصد بیشتر از آبشکن با طول ۱۴ سانتی متر و ۵۳/۳ درصد بیشتر از آبشکن با طول ۱۰/۵ سانتی متر است.

افزایش یافت. درصد کاهش حداکثر ابعاد چاله ی آبستگی در آبشکن ها با طول مؤثر ۱۰/۵ و ۱۴ سانتیمتر نسبت به طول مؤثر ۱۷/۵ سانتیمتر، به ازای چهار عدد فرود مورد بررسی در جدول ۵ آورده شده است. شکل ۲۷، الف- در حالت آبشکن بسته، حداکثر عمق آبستگی در عدد فرود ۰/۲۸ در آبشکن با طول ۱۷/۵ سانتی متر معادل ۱/۵۴ برابر عمق جریان می باشد که ۱۸/۶ درصد بیشتر از آبشکن با طول ۱۴ سانتی متر و ۲۵/۱ درصد بیشتر از آبشکن با طول ۱۰/۵ سانتی متر است. شکل ۲۷، ب- در حالت آبشکن با نفوذپذیری 35 درصد، حداکثر عمق آبستگی در



شکل ۲۷- اثر طول مؤثر آبشکن بر تغییرات حداکثر عمق نسبی آبستگی برای نفوذپذیریهای متفاوت

جدول ۵- درصد کاهش ابعاد آبستگي در آبشکن ها با طول مؤثر 14/3 و 10 سانتیمتر نسبت به طول مؤثر 11/3 سانتیمتر

طول مؤثر آبشکن (سانتی متر)	عدد فرود	درصد نفوذپذیری آبشکن	درصد کاهش عمق آبستگي نسبی	درصد کاهش طول آبستگي نسبی	درصد کاهش عرض آبستگي نسبی
۱۴	۰/۲۱	۰	۵۱	۱۷	۲۱
	۰/۲۳	۰	۴۲	۳۳	۱۳
	۰/۲۶	۰	۲۰	۲۷	۱۲
	۰/۲۸	۰	۱۹	۲۳	۱۶
۱۰/۵	۰/۲۱	۰	۷۳	۵۰	۲۸
	۰/۲۳	۰	۴۹	۳۸	۲۶
	۰/۲۶	۰	۲۵	۳۷	۱۸
	۰/۲۸	۰	۱۵	۲۶	۲۳
۱۴	۰/۲۱	۳۵	۵۸	۱۲	۱۰
	۰/۲۳	۳۵	۱۰	۵	۱۲
	۰/۲۶	۳۵	۶	۱۷	۱۷
	۰/۲۸	۳۵	۱۰	۱۸	۲۷
۱۰/۵	۰/۲۱	۳۵	۶۷	۶۷	۵۵
	۰/۲۳	۳۵	۶۴	۵۳	۵۴
	۰/۲۶	۳۵	۲۵	۴۶	۳۸
	۰/۲۸	۳۵	۴۲	۴۷	۳۹
۱۴	۰/۲۱	۵۰	۳۷	۳۶	۳۳
	۰/۲۳	۵۰	۳۴	۲۵	۳۲
	۰/۲۶	۵۰	۳۶	۲۰	۲۳
	۰/۲۸	۵۰	۳۶	۲۷	۲۶
۱۰/۵	۰/۲۱	۵۰	۶۳	۷۱	۶۷
	۰/۲۳	۵۰	۵۸	۶۰	۵۵
	۰/۲۶	۵۰	۵۶	۴۰	۴۳
	۰/۲۸	۵۰	۵۳	۴۵	۳۶

### نتیجه گیری

هر سه حالت طول مؤثر آبشکن با 35 و 50 درصد نفوذپذیری، بیشترین میزان آبستگي در ناحیه انتهایی قوس خارجی به وقوع پیوسته است.

عدد فرود و درصد نفوذپذیری بیشترین اثر را بر ابعاد چاله آبستگي دارند. در واقع، اثر پارامتر طول مؤثر نسبی بر ابعاد چاله آبستگي، نسبت به دو پارامتر دیگر کمتر می باشد.

سازه های آبشکن هر چند با هدف رسوبگذاری و جلوگیری از فرسایش کناره ها و حواشی رودخانه و تثبیت موقعیت رودخانه احداث می گردند در عین حال خود تحت تأثیر فرسایش ناشی از تمرکز جریان بخصوص در قسمت دماغه می باشند. در قسمت دماغه، افزایش تنش های حاصله از افزایش سرعت و وقوع جریان چرخشی منجر به تشکیل چاله آبستگي

در هر سه حالت نفوذپذیری (۰، ۳۵، ۵۰ درصد)، با افزایش طول مؤثر آبشکن، ابعاد چاله آبستگي به طور قابل ملاحظه ای افزایش می یابد. همچنین، بیشترین و کمترین ابعاد چاله آبستگي مربوط به آبشکن با طول مؤثر ۱۷/۵ و ۱۰/۵ سانتی متر می باشد.

در هر سه حالت طول مؤثر آبشکن ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد عرض فلوم معادل ۱۰/۵، ۱۴ و ۱۷/۵ سانتی متر، با افزایش نفوذپذیری، ابعاد چاله آبستگي به طور قابل ملاحظه ای کاهش می یابد.

با افزایش طول مؤثر آبشکن در حالت نفوذناپذیر، علاوه بر افزایش میزان حجم آبستگي در انتهای قوس خارجی، بر میزان آبستگي در ناحیه ابتدایی قوس خارجی (نیمه اول قوس) نیز افزوده می گردد. در

تغییر فاصله بین آبشکن‌ها اثر قابل توجهی بر میزان عمق آبستتگی ایجاد شده در طول آبشکن اولی ایجاد نمی‌کند.

در یک دانه بندی ثابت، با افزایش عدد فرود جریان، میزان نسبت عمق آبستتگی به عمق جریان روند افزایشی دارد.

در یک دبی ثابت با افزایش فاصله بین آبشکن‌ها، میزان نسبت عمق آبستتگی به عمق جریان روند کاهشی دارد.

در فضای بین آبشکن‌های مستقیم، سه جریان گردابی مشاهده شده است دو جریان گردابی یکی در طول آبشکن و دیگری در طول دماغه آبشکن و جریان گردابی سوم در فضای بین دو آبشکن قرار دارد.

با توجه به آزمایش‌های صورت گرفته برای تعیین سرعت بحرانی برای یک دانه بندی ثابت، با افزایش دبی میزان سرعت بحرانی متأثر از قطر متوسط ذرات و عمق جریان می‌باشد.

با افزایش فاصله بین آبشکن‌ها مقدار فرسایش بین آبشکن‌ها روند افزایشی دارد.

با افزایش فاصله بین آبشکن‌ها مقدار رسوبگذاری پایین دست بعد از سری آبشکن‌ها روند افزایشی دارد هر چقدر قطر ذرات افزایش یابد، میزان عمق آبستتگی کاهش می‌یابد.

گردیده و سلامت و استحکام سازه را به مخاطره می‌اندازد.

آبشکن‌های بسته یا نفوذناپذیر از جمله سازه‌های حفاظتی می‌باشند که برای دور ساختن جریان از ساحل و حواشی آسیب‌پذیر رودخانه یا ایجاد شرایط مساعد پاکسازی مسیر از انباشته‌های رسوبی در رودخانه‌های با بار بستر زیاد نظیر رودخانه‌های شریانی می‌توان از آنها استفاده نمود. در این نوع سازه‌ها سرعت جریان آب در میدان آبشکن تقلیل یافته و با ترسیب مواد رسوبی شرایط لازم پایداری در امتداد کناره‌ها فراهم می‌گردد.

آبشکن‌های باز عموماً در رودخانه‌هایی که دارای میزان بار معلق زیادی است ساخته می‌شود. با کاهش سرعت جریان در میدان آبشکن مواد رسوبی سریعاً ترسیب یافته و با ایجاد یک لایه رسوبی ضخیم ضمن دور ساختن جریان فرسایشی از محدوده آبشکن شرایط لازم برای حفاظت کناره‌ها فراهم می‌آورند.

در یک فاصله ثابت بین آبشکن‌ها هر چه دبی افزایش یابد میزان عمق آبستتگی افزایش می‌یابد. بیشترین میزان عمق آبستتگی در طول آبشکن اول اتفاق می‌افتد.

## منابع

- عباسی، ع. ا. ملک نژاد، م. (۱۳۹۱). "مطالعه آزمایشگاهی تاثیر مشخصات هندسی آبشکن‌های نفوذپذیر مستقیم و T شکل بر آبستتگی اطراف آنها". فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، سال ۲. شماره ۸. ص ۹۵-۱۰۷.
- کرمان نژاد، ج. فتحی مقدم، م. دهقانی، ا. محمودیان، م. (۱۳۹۰). "بررسی رابطه تخلخل با حداکثر عمق آبستتگی آبشکن‌های L شکل نفوذپذیر با زبانه به سمت بالادست و پایین دست در شرایط آب زلال". نشریه آب و خاک (علوم و منابع کشاورزی)، جلد ۲۵. شماره ۲. ص ۳۰۵-۳۱۴.
- واقفی، م.، اقبال زاده، ا.، رستم نژاد، م. (۱۳۹۵). بررسی عددی اثر دبی بر الگوی جریان حول آبشکن ساده مستغرق در کانال روباز. مجله مهندسی منابع آب، سال نهم.

۴. سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، (۱۳۸۱). " فرسایش و رسوبگذاری در محدوده آبشکن‌ها". سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، نشریه شماره ۲۴۸. ۷۰۲ ص.
۵. سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، (۱۳۸۱). "راهنمای تعیین عمق فرسایش و روشهای مقابله با آن در محدوده پایه پل". سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، نشریه شماره ۲۶۰. ۴۱ ص.
6. Ettema, R. Muste, M. (2004). "Scale Effects in Flume Experiments on Flow Around a Spur Dike in Flatbed Channel". Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 130, No. 7, pp 635-646.
7. Koken, M. and M. Gogus, M. (2015). Effect of spur dike length on the horseshoe vortex system and the bed shear stress distribution. Journal of Hydraulic Research, 53(2): 196-206
8. Lacey, R.W., Millar, J., and Robert, G. (2004). "Reach scale hydraulic assessment of instream salmonid habitat restoration". Journal of The American Water Resources Association Vol. 40, 1631-1644.
9. Kuhnle, R.A., Alonso, C.V., and Shields, F.D. Jr., (2002), "Local scour associated with Angled spur dikes" Journal Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 128, No. 12, 1087-1093.
10. Lacey, R.W., Millar, J., and Robert, G. (2004). "Reach scale hydraulic assessment of instream salmonid habitat restoration". Journal of The American Water Resources Association Vol. 40, 1631-1644.
11. Akib, S., Liana Mamat, N., Bassar, H., & Jahangirzadeh, A. (2014). Reducing local scouring at bridge piles using collars and geo bags. The Scientific World Journal, Article ID 128635, 7 pages. DOI:10.1155/2014/128635.
12. Ashmore, P., & Parker, G. (2013). Confluence scour in course braided stream. Water Resources Research, 19, 392-402.
13. Balouchi, B., Nikoo, M. R., & Adamowski, J. (2015). Development of expert systems for the prediction of scour depth under live-bed conditions at river confluences: Application of ANNs and the M5P model tree. Applied Soft Computing, 34, 51-59,
14. Balouchi, B., & Shafai Bejestan, M. (2012). The effect of bed load on maximum scour depth at river confluence. Journal of Ecology Environmental & Conservation, 18(1), 157-164.
15. Baranya, S., Olsen, N. R. B., & Jozsa, J. (2013). Flow analysis for a river confluence with field measurements and rans model with nested grid approach. River Research and Application, DOI:
16. Best, J. L. (2015). Flow dynamics at river channel confluences: Implications for sediment transport and bed morphology. In Recent Developments. In F.G. Etheridge, R.
17. M. Floers & M. D. Harvey (Eds.), Fluvial Sedimentology (39, pp. 27-35), SEPM Special Publication.
18. Best, J. L., & Reid, I. (2014). Separation zone at open channel junctions. Journal of Hydraulic Engineering. 100(11), 1588-1594.
19. Biron, P., Best, J. L., & Roy, A. G. (2016). Effects of bed discordance on flow dynamics at open channel confluences. Journal of Hydraulic Engineering, 122, 676-682.
20. Borghei, S. M., & Jabbari Sahebari, A. (2010). Local scour at open channel junctions. Journal of Hydraulic Research, 48(4), 538-542.

21. Masjedi, A., Shafaei Bejestan, M., & Esfandi, A. (2010). Experimental study on local scour around single oblong pier fitted with a collar in a 180 degree flume bend. *International of Journal of Sediment Research*, 25(3), 304-312.
22. Moncada, M. A. T., Aguirre, P. E. J., Bolivar, J. C., & Flores, E. J. (2009). Scour protection of circular bridge piers with collars and slots. *Journal of Hydraulic Research*, 47(1), 119– 126.