بررسی تأثیر استغراقهای مختلف بر پارامترهای هیدرولیکی جریان در دریچه سالونی مستطیلی چندگانه

ستاره فتحى'، سيدمحسن سجادي*۲، جواد احديان۳، عباس پارسائي^٤

۱-کارشناسی ارشدسازه های هیدرولیکی،گروه سازه های آبی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.(setarefathi.98 @ scu.ac.ir) ا

۲-دانشیار، گروه سازه های آبی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. (m.sadjadi@scu.ac.ir)

۳-استاد، گروه سازه های آبی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. (j.ahadiyan@scu.ac.ir)

٤- استادیار، گروه سازه های آبی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز،ایران. (parsaie@scu.ac.ir)

چکیدہ

یکی از راهکارهای پیشنهادی در خصوص افزایش کیفیت توزیع و انتقال آب استفاده از دریچههای سالونی است. در این پژوهش از دریچه ی سالونی چندگانه مستطیلی استفاده شده است و با شبیه سازی عددی پارامترهای هیدرولیکی جریان بررسی و با حالت تک دریچه مقایسه شده است. شبیه سازی ها در سه دبی ۲۵، ۳۵و ۵۵ لیتر بر ثانیه و سه باز شدگی ۳۵، ٤۰ و ۵۵ درجه و سه استغراق ۷۰ ۹۰ و ۹۰ درصد در نرمافزار Flow3d و با مدل آشفتگی RNG انجام شده است. با بررسی منحنی دبی اشل مشاهده می شود که ضریب آبگذری در تمام استغراق ها در حالت دو دریچه از حالت تک دریچه بیشتر است .بررسی بیشینهی سرعت نتایج نشان داد که این پارامتر با میزان استغراق رابطهی عکس دارد به گونه ای که با افزایش استغراق، بیشینه سرعت کاهش پیدا می کند که این میزان کاهش در حالت دو دریچه کردا می در صد نسبت به حالت تک دریچه هست. در بررسی بیشینهی انرژی متلاطم ناد که این متلاطم با دبی رابطه مستقیم داشته و با میزان استغراق رابطهی معکوس دارد به طوری که با افزایش استغراق، انرژی متلاطم کاهش پیدا می کند که این میزان کاهش در حالت دو دریچه ۳۱ درصد نسبت به حالت تک دریچه بیشتر است .بررسی بیشینهی سرعت نتایج نشان داد که این متلاطم با دبی رابطه مستقیم داشته و با میزان استغراق رابطهی معکوس دارد به طوری که با افزایش استغراق، انرژی متلاطم کاهش پیدا می کند که این میزان کاه ش در حالت دو دریچه ۳۱ درصد نسبت به حالت تک دریچه خواهد بود. با بررسی کیفی گردابههای بررسی نتایج نشان داد که گردابه ها در حالت تک دریچه قدرت و کشیدگی بیشتری نسبت به حالت دو دریچه دارند. همچنین با

كلمات كليدى: بيشينه سرعت ، بيشينه انرژى متلاطم ، گردابه ، Flow3D

m.sadjadi@scu.ac.ir

* نويسنده مسئول

۱- مقدمه:

با توجه به پایین آمدن مقدار آب سطحی، کنترل عمق آب در آبراهه ها امری ضروری است (Asadi et al., 2019). ازجمله راهکارهای پیشنهادشده در خصوص بالا بردن کیفیت تنظیم و توزیع آب نیز افزایش کیفیت سیستم اندازه گیری توزیع و انتقال در شبکه آبرسانی می باشد (Malaterre et al., 1998). دریچه های سالونی ازجمله سیستم های توزیع و کنترل سطح آب است که در سال های اخیر مورد استفاده قرار گرفته است. این نوع دریچه های سالونی از جمله سیستم های توزیع و کنترل سطح آب است که در سال های اخیر و با تغییر در میزان بازشدگی دریچه ها، مقادیر سطح آب و دبی عبوری را کنترل می کند (Monem & Naghaei., 2013). دریچه سالونی در سال 1980 توسط شخصی بنام پیترلانگمن معرفی شد. تاکنون دریچه سالونی رویکرد قابل توجهی در پروژه های اجرایی داشته است که پروژه (Middle Rio Grand) در نیومکزیکو یکی از موفق ترین پروژه هایی است که می توان نام برد (al., 2006). (al., 2006)

(2000) Aqua system نظریهای را پیشنهاد کرد که در آن برای درجه استغراق کمتر از ۲۰/۳ جریان عبوری از دریچه سالونی، آزاد و برای درجهی استغراق بالاتر از ۲/۳ جریان عبوری از دریچه مستغرق در نظر گرفتهشده است.

(Negm et al. (2006) با بررسی تأثیر عملکرد چند دریچه بر روند سرعت در پاییندست جریان مستغرق دریافتند که عواملی همچون نوع دریچه (اضطراری یا اصلی)، نسبت استغراق و عدد فرود در ناحیهی انقباض بر روند سرعت تأثیرگذار است.

در یک ارزیابی Monem and Sadeghi (2014) پژوهشی باهدف بررسی کارکرد دریچه سالونی و کشویی در مجراهای آب،به کمک مدل هیدرودینامیک ICSS آغاز نمودند. نتایج بهدستآمده از این پژوهش نشان داد که دریچههای سالونی در مقایسه با دریچه کشویی، هنگامیکه جریان دارای نوسانات ملایم باشد کارکرد مناسبتری در راستای کنترل و تنظیم سطح آب دارند و باعث کاهش تغییرات دبی ورودی به آبگیر میشوند.

همچنین (2015) Yousefvand et al با بررسی و تحلیل ضریب آبگذری در دریچههای سالونی در حالت جریان مستغرق به این نتیجه رسیدند که در حالت جریان مستغرق ضریب آبگذری، تابعی از نسبت بازشدگی و استغراق دریچه است.

(2017) karami moghadam and Sabzevari پژوهشی مربوط به بررسی تأثیر پوشش گیاهی بر تنش برشی و سرعت جریان را در کانالهای مرکب با استفاده از مدل flow3d آغاز نمودند. در این پژوهش از مش بندی مستطیلی و مدل آشفتگی RNG و LES استفاده شد که درنهایت مدل LES همخوانی بیشتری با دادههای واقعی داشت.

علاوه بر این (2018) Babaei Faqih Mahaleh et al با بررسی تأثیر خصوصیات هندسی و شرایط هیدرولیکی دریچه سالونی، این سازه را با زاویه بازشدگی و ابعاد مختلف در نظر گرفتند و نتایج بهدستآمده از این تحقیق نشان داد که در بازشدگی ۱۱ و۲۳ درصد نیز افت انرژی ۲۹/۷ درصد افزایش پیدا میکند. Badiee and Sajadi (2018) در پژوهشی با کمک مدلسازی عددی شرایط هیدرولیکی و خصوصیات جریان در بالادست و پاییندست دریچه سالونی مورد ارزیابی قراردادند. اطلاعات حاصلشده نشانگر این بود که در پشت دریچه پدیدهی آب مردگی شکل میگیرد و گردابه ها در این بخش با سرعت کم، محل رشد گیاهان و انباشت رسوبات هستند. همچنین تنش برشی در پاییندست دریچه درست در کف کانال بیشترین اندازهی خود را دارد.

Badiee et al. (2018) در پژوهشی به بررسی هیدرولیکی دریچه سالونی در حالت جریان مستغرق پرداختند نتایج حاصل از این پژوهش نشان میدهد که با افزایش دبی، لزجت گردابه ای نیز افزایش میباید و گردابه های اصلی در پاییندست دریچه تشکیل میشود و باعث حرکت سینوسی شکل در شبکه جریان میشود. همچنین با افزایش لزجت گردابه ای تنش برشی در مجراهای آب افزایش مییابد.

(2022) Mobarak et al. پژوهشی را باهدف مدلسازی دریچههای سالونی بیضوی در پنج نسبت بیضوی به همراه تبدیل ناگهانی، سه دبی و سه بازشدگی مختلف با استفاده از نرمافزار Flow3D آغاز نمود. نتایج حاصل از بررسی گردابه های جریان نیز نشان میدهد، جریانهای گردابه ای و نسبت بیضوی رابطهی معکوس دارند.نتایج حاصل از بررسی تنش بررسی کف نشان میدهد که در کمترین مقدار بازشدگی و در نسبتهای بیضوی بیشتر از یک،تنش برشی کمترین مقدار را داشته است.

(2023) Pilbala et al پژوهشی را در خصوص کارکرد دریچهی سالونی بیضوی در شرایط جریان مستغرق آغاز نمودند و به بررسی مقادیر اتلاف انرژی،ضریب دبی و گردابه را در دبیها و بازشدگیهای مختلف پرداختند. گردابه های متقارن و یا نامتقارن ثابت در پاییندست دریچه سالونی مشاهده شد.

با توجه به پژوهشهای پیشین، تا به امروز تمامی مطالعات مربوط به دریچههای سالونی، در حالت تک دریچه انجامشده است. با توجه به سهولت بهرهبرداری از دریچههای کوچکتر نسبت به دریچه بزرگ، لذا در این پژوهش تأثیر دو دریچه کوچکتر بهجای تک دریچه، بر خصوصیات هیدرولیکی جریان مانند، منحنی دبی اشل،سرعت حداکثر، انرژی متلاطم حداکثری و گردابه ها، باهدف افزایش عملکرد و صرفهجویی در هزینهی طراحی و ساخت سازه، موردبررسی قرار گرفت.

۲- مواد و روشها:

1-1- معرفي مدل Flow3D:

در این پژوهش بهمنظور مدلسازی و بررسی تأثیر دریچه سالونی مستطیلی چندگانه در شرایط جریان مستغرق، از نرمافزار Flow3D که یک مدل بسیار قوی در زمینه ی CFD میباشد استفاده شده است. در این نرمافزار از دو تکنیک عددی برای مدلسازی استفاده خواهد شد. روش حجم سیال (VOF) که از طریق سعی و خطا و تحلیل همزمان معادلات ناویر-استوکس جریان متلاطم با انواع روش های CFD به محاسبهی پارامترهای نظیر سرعت و فشار میپردازد و روش کسر مساحت-حجم مانع (FAVOR) که در شبیه سازی سطوح و اجسام صلب نظیر مرزهای هندسی کاربرد دارد، استفاده می شود (2021).

۲-۲- مدلهای آشفتگی:

در نسخهی جدید نرمافزار Flow3D مدلهای آشفتگی شامل مدلهای صفر معادلهای (طول اختلاط پرانتل)، مدل یک معادلهای، مدل دو معادلهای (K-E)، مدل دارای معادله تنش (RNG) و مدل شبیهسازی گردابه های بزرگ (LES) میباشند که معروفترین آنها در بحث سازههای هیدرولیکی معادلههای K-E ،LES و RNG میباشد.

۲-۳- مشخصات مدل:

در این مطالعه به منظور انتخاب یک مش بندی مطلوب برای مدل سازی ، انتخاب مدل آشفتگی و کالیبراسیون برای مقایسه ی مدل عددی با آزمایشگاهی از مقایسه ی نتیجه ی اطلاعات مدل فیزیکی که در دانشگاه شهید چمران اهواز دانشکده ی مهندسی علوم آب توسط (2021). Pilbala et al و است استفاده شده است. برای این مقایسه از عمق آب بالادست دریچه استفاده شده است. برای این مقایسه از عمق آب بالادست دریچه استفاده شده است. برای این مقایسه از عمق آب بالادست دریچه علوم آب توسط (2021). مدل فیزیکی که در دانشگاه شهید چمران اهواز دانشکده ی مهندسی علوم آب توسط (2021). Pilbala et al و است استفاده شده است. برای این مقایسه از عمق آب بالادست دریچه استفاده شده است. برای این مقایسه از عمق آب بالادست دریچه است. استفاده شده است. در آزمایش های ایشان از فلوم آزمایشگاهی به طول ۱۰متر، عرض و ارتفاع ۸/۰ متر استفاده شده است. جداره ی فلوم از جنس شیشه و کف آن از ورق فلزی ساخته شده است. در انتهای فلوم یک دریچه کشویی به منظور ایجاد استولی مازم از جنس شیشه و کف آن از ورق فلزی ساخته شده است. در انتهای فلوم یک دریچه مستطیلی که از جنس ورق استفاده ای الغان مازماین و ۱۰ مین مستعلیلی از دو لنگه دریچه مستطیلی که از جنس ورق ایجاد استفاده این و دو محل مدود نصب گردیده است. دریچه های سالونی مستطیلی از دو لنگه دریچه مستطیلی که از جنس ورق اینوانیزه به ضخامت دو میلی متر، به طول ۲۰ سانتی متر و ارتفاع ۲۵ سانتی متر است تهیه و در محل موردنظر نصب شده است. این آزمایش در سه دبی ۲۵، ۳۵ و ۵۵ لیتر بر ثانیه، سه میزان استغراق ۲۰۰ ۸۰ و ۹۰ درصد و سه زاویه باز شدگی ۳۵، ۲۰ و ۵۰ درجه انجام شده است. درجه انجام شده است. درجه انجام شده است. در شکل شماره (۱) تصاویر مربوط به دریچه سالونی مستطیلی مورداستفاده در آزمایشگاه نشان داده شده است. درجه انجام شده است. در شکل شماره (۱) تصاویر مربوط به دریچه سالونی مستطیلی مورداستفاده در آزمایشگاه نشان داده شده است. این آزمایش در سه در آزمایشگاه نشان داده شده است. درجه انجام شده در آزمایشگاه نشان داده شده است. درجه انجام شده در آزمایشا در ای است در می در ای مانه در ای مورد به دریچه سالونی مستطیلی مورداستفاده در آزمایشان داده شده است.



Figure 1. General view of the rectangular lopac gate used in the laboratory

در این شبیهسازی از یک بلوک مش بندی استفاده شده است که شرایط مرزی اعلام شده در نرمافزار به این صورت است که در بالادست جریان در قسمت ورودی آب به فلوم، شرایط مرزی volume flow rate اعمال شده است و مقادیر دبی و ارتفاع آب با توجه به داده های آزمایشگاهی وارد شد.سپس در قسمت انتهای فلوم در قسمت خروجی آب شرط مرزی specified pressure اعمال شد و ارتفاع آب پایین دست با توجه به داده های آزمایشگاهی وارد شد. دیواره های جانبی و کف بلوک مش بندی به صورت Wall (دیوار) اعمال شد و قسمت بالای بلوک مش بندی به علت وجود هوا به صورت شرط مرزی متقارن symmetry در نظر گرفته شد. نخستین گام در مدل سازی عددی انتخاب یک مش بندی مطلوب برای انجام شبیه سازی است. شبکهی مش بندی باید به گونه ای باشد که کمترین خطای محاسباتی را دارا باشد. بدینجهت از یک شبیهسازی از آزمایش های (2021).Pilbala et al با ابعاد متفاوت سلول مش بندی استفاده شده و نتایج حاصل از آن موردبررسی قرارگرفته است. با توجه به بررسی خطای عمق آب در شکل شماره (۲) پس از ارزیابی مش بندی های متفاوت برای تمام شبیه سازی ها تعداد ۸۰۰۰۰۰ سلول مش در نظر گرفته شد و همچنین مدتزمان مدل سازی با در نظر گرفتن زمان موردنیاز برای رسیدن جریان به پایداری ۲۰ ثانیه انتخاب شده است.



Figure 2. Diagram of the results of the analysis of the number of mesh cells suitable for simulation

دومین گام در مدلسازی عددی انتخاب یک مدل آشفتگی مطلوب است که دارای نزدیک ترین جواب به مدل آزمایشگاهی باشد. به این منظور تعداد نه آزمایش از پژوهش (Pibbala et al.(2021 با سه مدل آشفتگی K-E ،LES و جمعاً ۲۷ شبیه سازی موردبررسی قرار گرفت. با توجه به جدول شماره (۱) و با ارزیابی شبیه سازی های انجام شده و مقایسه ی مقادیر عمق آب بالادست (up) به دست آمده از مدل عددی و مقایسه ی آن با مدل آزمایشگاهی و انجام یک سری محاسبات مشخص شد که مدل عددی شبیه سازی شده حساسیت زیادی به مدل آشفتگی RNG ندارد و استفاده از مدل آشفتگی RNG خطای کمتری نسبت مدل های آشفتگی دیگر دارد. لازم به ذکر است که در جدول (۱) و دبی عبوری از دریچه، S استغراق، G زاویه ی بازشدگی دریچه، B عرض فلوم، و میزان بازشدگی دریچه و (up) عمق آب در بالادست می باشد.

Specifications of the laboratory model						MAPE (%)			
Q	S (%)	θ	В	bg	y (up)	RNG	K-e	K-W	
	70	35	0.8	0.144	0.225	19.47	27.07	31.11	
25	80	35	0.8	0.144	0.2532	12	21.76	19.43	
	90	35	0.8	0.144	0.3103	6.28	12.61	11.76	
	70	35	0.8	0.144	0.2864	13.72	22.277	19.9	
35	80	35	0.8	0.144	0.3171	15.45	24.25	21.5	
	90	35	0.8	0.144	0.3867	6.33	14.04	8.8 7	
	70	35	0.8	0.144	0.3278	14.15	23.4	20.26	
45	80	35	0.8	0.144	0.3676	17.19	19.56	22.63	
	90	35	0.8	0.144	0.445	7.39	12.54	14.1573	

Table 1. Examining the results of turbulence models in numerical simulation compared to the laboratory model

سومین و مهمترین گام در یک مدلسازی عددی کالیبره کردن مدل شبیهسازی شده در نرمافزار با مدل آزمایشگاهی است. برای انجام کالیبره نه آزمایش متفاوت از پژوهش (2021).Pilbala et al با تعداد مش بندی و مدل آشفتگی تعیین شده، شبیهسازی کرده و مورد ارزیابی و پژوهش قرار خواهد گرفت و با استفاده از ابزارهای محاسبهی درصد خطا مشخص شد که پارامتر موردبررسی شبیه سازی های انجام شده در نرمافزار Flow3D تفاوت چندانی نسبت به مقادیر مدل آزمایشگاهی نداشته است. نتایج کالیبراسیون و خطای نسبی بین مقادیر پروفیل سطح آب در مدل سازی عددی و مقایسه ی آن با مدل آزمایشگاهی در جدول شماره (۲) آمده است.

Specifications of the laboratory model							measurement error				
Q	<u>S(</u> %)	θ	В	bg	y (up)	Confusion model	<u>MAPE(</u> %)	RMSE	<u>MSE(</u> %)	<u>RE(</u> %)	
25	70	45	0.8	0.23	0.1735	RNG			0.00028	±12	
	80	45	0.8	0.23	0.187	RNG					
	90	45	0.8	0.23	0.235	RNG					
35	70	45	0.8	0.23	0.2125	RNG					
	80	45	0.8	0.23	0.229	RNG	7.0037	0.01686			
	90	45	0.8	0.23	0.2798	RNG					
45	70	45	0.8	0.23	0.2478	RNG					
	80	45	0.8	0.23	0.2694	RNG					
	90	45	0.8	0.23	0.3238	RNG					

Table 2. Final validation results of the numerical model compared to the laboratory model

۲-٤- شبیه سازی عددی:

پس از انتخاب تعداد سلول مش بندی و انتخاب مدل آشفتگی و کالیبره کردن مدل عددی با مدل آزمایشگاهی در این پژوهش به بررسی خصوصیات هیدرولیکی جریان در زمان استفاده از دو دریچه سالونی مستطیلی بهصورت همزمان و با عرض کوچکتر و مقایسه ی آن در حالت تک دریچه پرداخته شده است. مدل موردمطالعه از دو دریچه سالونی مستطیلی به عرض صفحات ۲/۰ متر و ارتفاع ۸/۰ متر تشکیل شده است که در سه زاویه ی باز شدگی ۳۵، ٤۰ و ٤٥ درجه، سه دبی ۲۵، ۳۵ و ٤٥ لیتر بر ثانیه و سه میزان استغراق ۸/۰ مر تشکیل شده است که در سه زاویه ی باز شدگی ۳۵، ۱۰ و ۵۵ درجه، سه دبی ۲۵، ۳۵ و ۲۵ لیتر بر ثانیه و سه میزان (۳) مدل شرایط هیدرولیکی و تنظیمات نرمافزاری یکسان نسبت به مدل دو دریچه مدل سازی و فراخوانی شده است. در شکل شماره بررسی پارامترهای هیدرولیکی و تنظیمات نرمافزاری یکسان نسبت به مدل دو دریچه نمایش داده شده است. پس از اتمام شبیه سازی، به در یه با مرایس می می رو با شرایط هیدرولیکی و تنظیمات نرمافزاری یکسان نسبت به مدل دو دریچه نمایش داده شده است. در شکل شماره بررسی پارامترهای هیدرولیکی و تنظیمات نرمافزاری یکسان نسبت به مدل دو دریچه نمایش داده شده است. در شکل شماره در این مدل شبیه می رو با شرایط میدرولیکی و تنظیمات نرمافزاری یکسان نسبت به مدل دو دریچه نمایش داده شده است. در شکل شماره در یه مدل شریه می رو با می در در می در دو حالت تک دریچه و دو دریچه نمایش داده شده است. پس از اتمام شبیه سازی، به



Figure 3. Simulated model of lopac gate in state a) single gate b) Multiple gate

۳- بحث و نتايج :

در این قسمت کاربرد دو دریچه سالونی در عرض کانال را در مقایسه با یک دریچه بزرگتر در شرایط یکسان شامل دبی جریان، زاویه بازشدگی و استغراق را بر خصوصیات هیدرولیکی جریان شامل بیشینه سرعت، بیشینه انرژی متلاطم و گردابه بررسی خواهد شد.

۳-۱- بررسی منحنی دبی اشل

با توجه به شکل (٤) که منحنی دبی اشل در سه استغراق مختلف و یک زاویهی ثابت ٤٥ درجه است مشاهده می شود که ضریب آبگذری در حالت دو دریچه در تمام استغراقها نسبت به تک دریچه بیشتر می باشد. همچنین در یک عمق ثابت دبی بیشتری از دو دریچه عبور می کند که دلیل آن کاهش وسعت گردابه های اطراف دو دریچه نسبت به تک دریچه می باشد.این روند در زاویه های بازشدگی های ۳۵ و ٤٠ درجه نیز مشابه است.



Figure 4. Examining Eschel's flow rate curve in single gate and multiple gate modes

۲-۳- بررسی تغییرات پروفیل طولی جریان

با توجه به شـكل(٥) مشـاهده میشـود كه ارتفاع سـطح آب با میزان درصـد اسـتغراق و دبی رابطهی مسـتقیم و با میزان زاویهی بازشدگی رابطهی معكوس دارد بهگونهای كه هرچه میزان درصد استغراق و دبی افزایش یابد میزان ارتفاع سطح آب در این سازه هیدرولیكی افزایش مییابد و هرچه میزان زاویهی بازشدگی بیشتر شود، ارتفاع سطح آب كاهش مییابد.

همچنین قابل مشاهده است به دلیل اینکه در حالت دو دریچه بیشینهی سرعت کمتر و گردابههای جریان نسبت به حالت تک دریچه کوچکتر هستند پایداری سطح آب سریعتر اتفاق میافتد.



Figure 5. Comparison of the longitudinal profile of the flow in single gate and multiple gate modes

۳-۳- بررسی بیشینهی سرعت :

با توجه به شکل (٦) مشاهده می شود که بیشینهی سرعت در هر دو حالت تک دریچه و دو دریچه با میزان دبی رابطهی مستقیم داشته و با استغراق رابطهی معکوس دارد به گونهای که با افزایش دبی، بیشینهی سرعت افزایش یافته و با افزایش درصد استغراق، مقادیر بیشینهی سرعت کاهش می یابد و این روند در تمامی بازشدگی ها تکرار می شود. همچنین مشاهده می شود در زمان استفاده از دو دریچه هدایت جریان در یک وسعت بهتر انجام می شود و با توجه به کاهش حجم گردابه ها، جریان اصلی در محدودهی سرعت بیشتری بوده در نتیجه سرعت ماکس ۷/۸۷ درصد نسبت به زمانی که از تک دریچه استفاده می شود کاهش یافته است. که بیشترین میزان این کاهش ۱٤/۲۵ درصد بوده است که در دبی ۵۵ لیتر بر ثانیه، بازشدگی ۵۵ درجه و استغراق ۹۰ درصد رخداده است و همچنین کمترین میزان این کاهش ۲۰۸۳ درصد بوده که در دبی ۵۵ لیتر بر ثانیه، بازشدگی ۵۵ درجه و استغراق ۹۰ درصد رخداده است و است.







۲-٤- بررسی بیشینهی تلاطم :

با توجه به شکل (۷) مشاهده می شود که بیشینه ی انرژی متلاطم در هر دو حالت تک دریچه و دو دریچه با دبی رابطه مستقیم داشته و با میزان استغراق رابطهی معکوس دارد به گونهای که با افزایش دبی، بیشینهی انرژی متلاطم افزایش یافته و با افزایش درصد استغراق، مقادیر بیشینهی انرژی متلاطم کاهش خواهد یافت که این موارد در تمامی دبیها و بازشدگیها صدق می کند. علاوه بر این بررسیها نشان می دهد بیشینهی انرژی متلاطم در زمان استفاده از دو دریچه ۱۳ درصد نسبت به زمان استفاده از تک دریچه کاهش یافته که بیشترین میزان این کاهش ۲۳/٤ درصد بوده است که در دبی ۳۵ لیتر بر ثانیه، بازشدگی ۵۵ درجه و استغراق ۹۰ درصد رخداده است. همچنین کمترین میزان این کاهش این کاهش ۲۳/۹ درصد بوده که در دبی ۵۵ لیتر بر ثانیه، بازشدگی ۳۵ درجه و استغراق ۹۰ ۹۰ درصد رخداده است.



Figure 7. Investigation of maximum Turbulent energy in different submergences in single gate and multiple gate modes

۳-0- بررسی گردابههای جریان :

در این مطالعه گردابههای جریان در دبی ۲۵ لیتر بر ثانیه، بازشدگی ۳۵ درجه و سه استغراق ۷۰، ۸۰ و۹۰ درصد توسط نرمافزار Tecplot رسم شده و به مقایسه و بررسی آن در دو حالت تک دریچه و دو دریچه پرداختهشده است. همانطور که در شکلهای (۸ تا ۱۰)مشاهده میشود رنگبندی قرمز، نارنجی، سبز، زرد و آبی نشاندهندهی توزیع میدان سرعت در بخشهای مختلف کانال است که در حالت تک دریچه میدان سرعت به سمت یک دیواره منحرفشده و در خلاف جهت آن گردابهای بزرگ تشکیل شده است و در حالت دو دریچه میدان سرعت به سمت دو دیواره منحرفشده است و گردابه های اطراف دریچه کوچکتر شده است و گردابه های بزرگتر در محل میانی دو دریچه به وجود می آید.این روند در تمامی دبیها و بازشدگیها تکرار می شود. با بررسیهای صورت گرفته و با توجه به شکلهای (۸ تا ۱۰) نتایج نشان میدهد درزمانی که از تک دریچه استفادهشده است گردابههای وسیع و پرقدرت با اندازههای بزرگ ایجادشده است که به سمت اطراف کانال منحرفشده و کشیدگی آنها تا پاییندست دریچه ادامه دارد. از سوی دیگر بررسیها نشان میدهد در زمان استفاده از دو دریچه بهجای تک دریچه در شرایط یکسان، گردابههایی تشکیل میشود که قدرت، اندازه و کشیدگی آنها در مقایسه باحالت تک دریچه کاهشیافته و علاوه بر آن تعداد گردابهها افزایشیافته است. همچنین مشاهده می شود گردابههای جریان با استغراق رابطهی معکوس دارند به این صورت که با افزایش میزان استغراق، کشیدگی و قدرت گردابه ها کاهش مییابد. تمامی این موارد در دبیها، بازشدگیها و استغراقهای دیگر صدق میکند. همچنین با توجه به شکل (۱۰) قابل مشاهده است که در جریان با استغراق ۹۰ درصد جهت انحراف آب و میدان سرعت و درنتیجه جهت تشکیل گردابه در حالت تک دریچه با میزان استغراقهای ۷۰ و ۸۰ درصد رابطهای معکوس دارد. علاوه بر آن در جریان با استغراق ۹۰ درصد در حالت دو دریچه هر دو میدان سرعت به سمت یک دیواره منحرف میشوند و درنتیجه گردابههای قسمت میانی دریچه کوچکتر میباشد و این روند در تمامی دبیها و بازشدگیهای دیگر نیز تکرار میشود.در هنگام استفاده از تک دریچه به دلیل اینکه گردابه های خیلی بزرگتری نسبت به حالت دو دریچه ایجاد میشود درنتیجه باعث رسوبگذاریهای بزرگ، تشکیل مناطق نیزار و علفزار میشود و بهمرور ضریب دبی کاهش پیدا میکند. در هنگام استفاده از دو دریچه الگوی جریان بهتر می شود و درنتیجه مناطق رسوب گذاری کو چک تر شده و مشکلات بهرهبر داری کمتر می شود.



Figure 8. Streamlines at a flow rate of 25 lit/s, opening of 35 degrees and submergence of 70 Percent in two cases a) single gate b) Multiple gate



Figure 9. Streamlines at a flow rate of 25 lit/s, opening of 35 degrees and submergence of 80 Percent in two cases

a) single gate b) Multiple gate



Figure 10. Streamlines at a flow rate of 25 lit/s, opening of 35 degrees and submergence of 90 Percent in two cases a) single gate b) Multiple gate

٤- نتيجه گيري :

- در این بخش به بررسی هیدرولیکی دریچه های سالونی چندگانه مستطیلی در شرایط مستغرق و مقایسه ی آن باحالت تک دریچه
 و بررسی پارامترهایی نظیر منحنی دبی اشل، سرعت بیشینه، بیشینه انرژی متلاطم و گردابه ها در دبی های ۲۵، ۳۵ و ٤۵ لیتر بر
 ثانیه، بازشدگی های ۳۵، ٤۰ و ٤۵ درجه و در استغراق های ۷۰، ۸۰ و ۹۰ درصد پرداخته شد.
- ✓ نتایج حاصل از بررسی نمودار دبی اشل نشان داد که ضریب آبگذری در حالت دو دریچه در تمام استغراقها نسبت به تک دریچه بیشتر میباشد.همچنین در یک عمق ثابت دبی بیشتری از دو دریچه عبور میکند که دلیل آن کاهش وسعت گردابههای اطراف دو دریچه نسبت به تک دریچه میباشد.
- ✓ نتایج حاصل از مقایسه ی پروفیل طولی جریان در حالت تک دریچه و دو دریچه نشان داد به دلیل اینکه در حالت دو دریچه بیشینه ی سرعت کمتر و گردابه های جریان نسبت به حالت تک دریچه کوچکتر هستند پایداری سطح آب سریعتر اتفاق می افتد.

- ✓ نتایج حاصل نشان داد که بیشینه سرعت با دبی رابطهی مستقیم داشته و با میزان استغراق رابطهی معکوس دارد به نحوی که با افزایش دبی، بیشینه سرعت نیز افزایشیافته و با افزایش درصد استغراق، بیشینه سرعت کاهش می یابد. همچنین نتایج نشان داد که بیشترین میزان کاهش سرعت بیشینه ۱٤/۲۵ درصد بوده است کمترین میزان این کاهش ۳/۸۳ درصد بوده که در است.
- در بخش تحلیل بیشینهی انرژی متلاطم مشاهده شد که این پارامتر با دبی رابطهی مستقیم داشته و با درصد استغراق رابطهی معکوس دارند به گونهای که با افزایش دبی، بیشینهی انرژی متلاطم افزایشیافته و با افزایش درصد استغراق، بیشینهی انرژی معکوس دارند به گونهای که با افزایش دبی، بیشینهی انرژی متلاطم افزایشیافته و با افزایش درصد استغراق، بیشینهی انرژی معکوس معکوس دارند به گونهای که با افزایش دبی، بیشینهی انرژی متلاطم افزایشیافته و با افزایش درصد استغراق، بیشینهی انرژی معکوس معکوس دارند به گونهای که با افزایش دبی، بیشینهی انرژی متلاطم افزایشیافته و با افزایش درصد استغراق، بیشینهی انرژی معکوس معکوس دارند به گونهای که با افزایش دبی، بیشینهی انرژی متلاطم افزایشیافته و با افزایش درصد استغراق، بیشینهی انرژی معکوس معکوس دارند به گونهای که با افزایش دبی، بیشینه یا انرژی متلاطم افزایشیافته و با افزایش درصد استغراق، بیشینهی انرژی معکوس می درسد استغراق، بیشینه یا ازی معرفی در در به معکوس معکوس دارند به گونهای که با افزایش داد که بیشترین میزان کاهش انرژی متلاطم بیشینه ۲۳/٤ درصد بوده و کمترین میزان کاهش این پارامتر ۲۹/۹ درصد بوده است.
- ✓ نتایج نشان میدهد در زمان استفاده از تک دریچه شده گردابههای وسیع و پرقدرت با اندازههای بزرگ ایجادشده است که به سمت اطراف کانال منحرف می شود. همچنین در زمان استفاده از دو دریچه، گردابههایی تشکیل می شود که قدرت، اندازه و کشیدگی آنها در مقایسه باحالت تک دریچه کاهشیافته و علاوه بر آن تعداد گردابهها افزایشیافته است. همچنین مشاهده می شود گردابههای جریان با استغراق رابطهی معکوس دارند به این صورت که با افزایش میزان استغراق، کشیدگی و قدرت می شود گردابههای می شود که قدرت، اندازه و کشیدگی آنها در مقایسه باحالت تک دریچه کاهشیافته و علاوه بر آن تعداد گردابهها افزایشیافته است. همچنین مشاهده می شود گردابههای جریان با استغراق رابطهی معکوس دارند به این صورت که با افزایش میزان استغراق، کشیدگی و قدرت گردابهها کاهش می یابد.
- ✓ در زمان به کارگیری تک دریچه به دلیل اینکه گردابه های خیلی بزرگتری نسبت به حالت دو دریچه ایجاد می شود درنتیجه باعث رسوبگذاری های بزرگ، تشکیل مناطق نیزار و علفزار می شود و به مرور ضریب دبی کاهش پیدا می کند. اما زمان استفاده از دو دریچه الگوی جریان بهتر می شود و درنتیجه مناطق رسوبگذاری کوچک تر می شود.

منابع :

1- Aqua Systems 2000 Incorporation (AS21). (2013). Leaders in Water Management and Control. Retrieved from: http://www.as2i.net/products/control-gates/hydra-lopac- gate.

2- Asadi, M., & Kochekzadeh, S. (2019), guide to water flow measurement. Tehran: *National Irrigation and Drainage Committee of Iran*.

3- Babaei Faqih Mahaleh, R., Ismaili Varki, M., Shafiee Sabet, B. 2018. Investigation of the effect of geometric characteristics and hydraulic conditions on the performance of the salon-partial flow flow adjustment structure. *Iranian Soil and Water Research*, 49 (4), pp. 727-717.(In Persian)

4- Badiee, S., & Sajadi, M. (2018). Numerical analysis of the hydraulic conditions of the Lopac gate using Fluent Software. In: Proceeding of International Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Development Management in Iran. TEHRAN, 9 December, University of Tehran. (In Persian)

5- Karami Moghadam, M., & Sabzevari, T. (2017). Effect of Vegetation on Shear Stress and Flow Velocity in Compound Channels Using Flow3D Model. *Journal of Hydraulics*, *12*(3), 29-40.(In Persian)

6- Langeman, P., Craig, K., Elser, P., & Allen, L. (2006). Irrigation gate system. US patent, 7, 114.

7- Malaterre, P. O., Rogers, D. C., & Schuurmans, J. (1998). Classification of canal control algorithms. *Journal of irrigation and drainage engineering*, *124*(1), 3-10.

8- Monem, MJ. Naghayi, R. 2013, Introduction of lopac gate to regulate water level in irrigation canals and present its hydraulic relations in the 4th *National Conference on Management of Irrigation and Drainage Networks*, Shahid Chamran university of Ahvaz. (In Persian)

9- Monem, M.J., & Sadeghi, S. (2014). Testing the use of Lopac Gate in irrigation networks and comparing them with conventional structures using the ICSS mathematical model, *Ministry of Science, Research and Technology, Tarbiat Modares University, College of Agriculture. (In Persian)*

10- Mobarak, F., sajjadi, S. M., Ahadiyan, J., & Zeynivand, M. (2022). Numerical modeling of the effect of elliptical elongation on the hydraulic performance of an elliptical Lopac gate. *Water and Irrigation Management*, *12*(2), 263-275. doi: 10.22059/jwim.2022.335817.952.(In Persian)

11- Monem, M.J., & Naghayi, R. (2013). Introduction of lopac gate to regulate water level in irrigation canals and present its hydraulic relations. in: *Proceeding of 4th National Conference on Management of Irrigation and Drainage Networks*, Shahid Chamran university of Ahvaz. (In Persian)

12- Negm, A. M., Abdelaal, G. M., Elfiky, M. M., Abdalla, Y. M., & Afifi, M. (2006). Effects of Multi-Gates Operations on Bottom Velocity Pattern Under Submerged Flow Conditions. *Proc. IWTC10*, *1*, 217-280.

13- Pilbala, A., Sajjadi, S., & Bejestan, M. S. (2021). Hydraulic performance of elliptical-LOPAC gate under submerged flow conditions. *Ain Shams Engineering Journal*, *12*(1), 317-326.

14- Pilbala, A., Shafai Bejestan, M., Sajjadi, S. M., & Fraccarollo, L. (2023). Investigation of the Different Models of Elliptical-Lopac Gate Performance under Submerged Flow Conditions. *Water Resources Management*, 1-16.

15- Yousofvand, F., Monem, M.J., & Kavianpour, M.R. (2015). Experimental and Theoretical Analysis of Discharge Coefficient for Submerged Lopac Gate. *Irrigation and Drainage*, 9(5), 811-819. (In Persian)

Investigation of the effect of different submerging on the flow hydraulic parameters in multiple rectangular Lopac gates

Author's names S.Fathi¹, S.M.Sajjadi^{2*}, J.Ahadiyan³, A.Parsai⁴

Affiliation and Address

1- Master of Hydraulic Structures, Department of Water Structures, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, IRAN. (setarefathi.98@gmail.com)

2- Associate Professor, Department of Water Structures, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, IRAN.(m.sadjadi@scu.ac.ir)

3- Professor, Department of Water Structures, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, IRAN.(j.ahadiyan@scu.ac.ir)

4- Assistant Professor, Department of Water Structures, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, IRAN. (parsaie@scu.ac.ir)

Abstract

One of the suggested ways to increase the quality of water distribution and transfer is to use Lopac gates. In this research, rectangular multiple Lopac gates have been used and the hydraulic parameters of the current have been investigated by numerical simulation and compared with the single gate state. The simulations have been performed in three discharges of 25, 35, and 45 liters per second and three openings of 35, 40, and 45 degrees, and three submerging of 70, 80, and 90% in Flow3D software and with the RNG turbulence model. By examining the stage-discharge curve, it can be seen that the permeability coefficient is higher in all absorptions in the two-gate state than in the single-gate state. Investigating the maximum speed of the results showed that this parameter has the opposite relationship with the amount of submerging, as the submerging increases, the maximum speed decreases, which is an V, AV% reduction in the two-gate state compared to the single-gate state. In the discharge and has an inverse relationship with the submerging rate, so, with the increase of submerging, the turbulent energy decreases, which will be 13% in the two-gate state compared to the single-gate state. By qualitatively investigating the flow vortices, the results showed that the vortices in the single-gate state. By qualitatively investigating the flow vortices, the results showed that the vortices in the single-gate state have more strength and elongation than the two-gate state. Also, by investigating the results, it was found that the elongation and vortices strength decrease with the increase in submerging percentage.

Keywords: Flow3D, Maximum speed, Maximum turbulent energy, Vortex