

**کلید واژه‌ها:** دبی رسوب، عمق جریان، سدهای کوتاه، شیب

بستر.

#### مقدمه

رودخانه‌ها تحت تأثیر پدیده فرسایش و رسوب‌گذاری دستخوش تغییرات گوناگونی می‌شوند که از آن جمله می‌توان به تغییر راستا، جابجایی‌های عرضی و طولی، وقوع میان‌برها تغییر نوع رودخانه، تغییر تراز بستر، تغییر دانه‌بندی و دگرگونی ویژگی‌های مسیر هندسی اشاره کرد، نشریه ۳۸۳ [۱۴]. بر اساس نظریه شیلدز انتقال مواد رسوبی در رودخانه‌ها را می‌توان تابع دو عامل بدون بعد به صورت زیر عنوان نمود، شفاعی [۱۸]:

$$\theta s = \frac{\tau}{[\gamma(Gs-1)Ds]} \quad (1)$$

$$Re^* = u_* D/v \quad (2)$$

چنانچه  $Re^* < 5$  جریان با بستر صاف و حرکت رسوبات تحت تأثیر لزوجت سیال می‌باشد، زمانی که  $5 < Re^* < 250$  جریان بینابین و هنگامی که  $Re^* > 250$  جریان با بستر زیر بوده و لزوجت تأثیری بر حرکت ذرات رسوبی ندارد، شفاعی [۱۸]. به لحاظ اهمیت و نقش ثبت داده‌های آماری در بررسی و شناخت پدیده انتقال رسوب استفاده از روش‌های تجربی از اوایل قرن نوزدهم میلادی متداول گردید و برای اولین بار اندازه‌گیری بار معلق توسط گراس و سایورس در سال ۱۸۰۸ میلادی انجام گرفت، نشریه ۵۹۰ [۱۵]. با توجه به آمار و اطلاعات مربوط به رسوبات بستر رودخانه کارون، حد فاصل سدهای کارون ۳ و ۱ (شکل ۱)، واسنجی و صحت سنجی مدل و رفتار جریان برای پارامترهای عمق، شیب بستر، دبی جریان و رسوب، ارتفاع و فواصل سدهای کوتاه انجام شده است.

به منظور تعیین ضریب تله‌اندازی رسوب با استفاده از فلوم آزمایشگاهی در زمان سیلابی، جهت طراحی سدهای تاخیری، کنترل سیلاب و برآورد حجم رسوب، چاپلقی مطالعاتی را با استفاده از متغیرهای شیب و دبی جریان و تأثیر هر کدام بر روند تله‌اندازی انجام داده است [۲]، هم‌چنین کاظمی و همکاران مدل آزمایشگاهی اثرات سدهای کنترلی از جنس پلکسی گلاس در آبراه‌های کوهستانی جهت مدیریت و کاهش رسوبات واریزه‌ای که تثبیت نرخ تله‌اندازی در نواحی با شیب زیاد را نشان می‌دهد، انجام دادند [۷]، طراحی تله‌اندازی رسوب با سدهای کنترلی دهانه باز شامل فرآیندهای هیدرولیکی و ته‌نشینی که به چگونگی طراحی و ساخت

## بررسی آزمایشگاهی تأثیر ارتفاع و فواصل سدهای متوالی کوتاه بر تله‌اندازی رسوب

مهدی بن سعید<sup>۱</sup>، امیرعباس کمان بدست<sup>۲</sup>، محمد حسین پور محمدی<sup>۳</sup>،

محمود شفاعی بجنستان<sup>۴</sup> و علیرضا مسجدی<sup>۵</sup>

تاریخ دریافت: ۹۶/۷/۵ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۲/۴

### چکیده

حمل رسوب از شاخص‌های مهم رودخانه‌ها در شرایط طبیعی است که به تبعیت از تغییر مشخصه‌های هندسی و خصوصیات جریان به صورت ترازافزایی یا رسوب‌گذاری در بازه‌های مختلف مسیر رودخانه خودنمایی می‌کند. لذا ارائه راهکارهای مناسب به منظور اصلاح و تثبیت شیب طولی بستر و جلوگیری از انتقال رسوب از نواحی بالادست با شیب تند به داخل مخازن سدها در پایین دست که از دلایل عمده کاهش عمر مفید آن‌ها می‌باشد، لزوم انجام آزمایش در این زمینه را توجیه‌پذیر می‌نماید. این تحقیق رسوب‌گذاری و نحوه کنترل آن با استفاده از مدل فیزیکی سدهای متوالی کوتاه از جنس پلکسی گلاس در سه ارتفاع و سه فاصله مختلف را هنگامی که شیب بستر و دبی تغییر می‌کند، بررسی می‌نماید. آنالیز ابعادی به روش باکینگهام برای تعیین متغیرهایی مانند نسبت بدون بعد عمق به ارتفاع ( $y/H$ ) و نسبت بدون بعد عمق به فاصله ( $y/L$ ) به عنوان فاکتورهای موثر در تعیین درصد تله‌اندازی رسوب تجمعی (Teg) انجام پذیرفته است. براین اساس ارتباط میان نسبت‌های فوق‌الذکر با درصد تله‌اندازی رسوب با استفاده از فاکتور بی‌بعد عدد فرود به عنوان متغیر مستقل در حالات مختلف بررسی و دیوارهای مورد آزمایش برای شیب‌های مختلف پیشنهاد شده است.

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی آب، پردیس علوم و تحقیقات

خوزستان، گروه مدیریت کشاورزی، واحدهاواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز

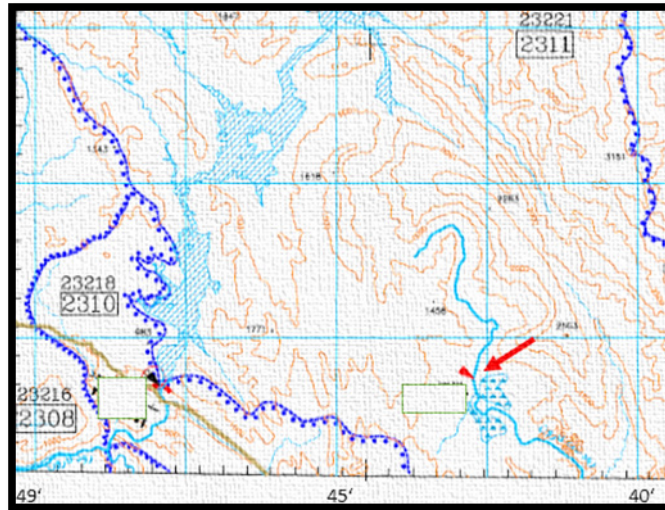
۲- نویسنده و مسئول و استادیار گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه

آزاد اسلامی اهواز، پست الکترونیک: Ka57\_amir@yahoo.com

۳- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی اهواز

۴- استاد دانشکده علوم مهندسی آب، دانشگاه چمران اهواز

۵- دانشیار گروه علوم مهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی اهواز



شکل ۱- موقعیت ایستگاه هیدرومتری در رودخانه کارون

Fig 1. Hydrometric sta. position on Karun River

$$\pi_7 = y/D_s$$

معادلات و پارامترهای حاکم بر آزمایش عبارتند از: عدد فرود، عدد رینولدز، نسبت بی بعد عمق به مانع، نسبت بی بعد عمق به فاصله، شیب بستر، نسبت سرعت جریان به سرعت برشی، نسبت سطح زیر هیدرولیکی اینشتین جهت تعیین لایه مرزی، شفافی [۱۸] و نسبت عمق به قطر ذرات. در مدل‌های فیزیکی با بستر متحرک برای رودخانه‌ها و کانال‌ها اغلب انحراف در مقیاس قائم مورد نیاز می‌باشد تا از حرکت مصالح بستر در مدل اطمینان حاصل گردد. از روابط مورد استفاده می‌توان به رابطه پترسن اشاره نمود که در آن نسبت شیب عبارت است از، نشریه ۶۸۸ [۱۲]:

$$Sr = yr/Lr \quad (7)$$

و از رابطه مانینگ برای شبیه‌سازی زبری مدل استفاده می‌گردد:

$$nr = Rr \quad 1/2 Lr / 2/3 \quad (8)$$

لذا با توجه به ابعاد فلوم موجود، مقیاس‌های مورد استفاده به ترتیب جهت عمق، طول، عرض و دبی عبارتند از، شفافی [۱۷]:

$$Lr = Lm/Lp = 1/1250, \quad dr = dm/dp = 1/50$$

$$Qr = br.dr^{3/2}, \quad br = bm/bp = 1/200$$

بر اساس دستورالعمل طراحی و اجرای سازه‌های کنترل سیل و رسوب (بندهای اصلاحی)، ارتفاع بندهایی که برای اصلاح شیب آبراهه‌ها و خندق‌ها ساخته می‌شود معمولاً کم بوده و از ۵ متر تجاوز نمی‌کند، بنابراین جهت تعیین ابعاد و ارتفاع بندها از رابطه هوفمن، نشریه ۴۱۶ [۱۱] استفاده شده، لذا بر این اساس داریم:

$$Hp1 = 5 m \rightarrow Hm1 = 0.1 m \quad (10)$$

$$Hp2 = 4 m \rightarrow Hm2 = 0.08 m$$

$$Hp3 = 3 m \rightarrow Hm3 = 0.06 m$$

هم‌چنین، برای دبی جریان در مدل با توجه به مقیاس ذکر شده بدست می‌آوریم:

سازه‌های تله‌انداز رسوب و معیارهای طراحی هیدرولیکی برای انواع سدهای دهانه باز و سرریز اوجی و دینامیک ته‌نشینی رسوب می‌پردازد، عنوان تحقیقی است که پیتون و همکاران به آن پرداخته‌اند [۱۳]. به طور کلی بندهای اصلاحی موجب تله‌اندازی رسوب در ناحیه بالادست و مزیت کاهش رسوبات درشت دانه در نواحی پر شیب و سهولت ساخت و ساز می‌گردد، ایوانز و ویلکاکس [۲۴].

### مواد و روش‌ها

این تحقیق بر اساس شبیه‌سازی و ساخت مدل فیزیکی جهت بررسی و تجزیه و تحلیل میزان تله‌اندازی تجمعی رسوب با استفاده از تغییرات عدد فرود نسبت به متغیرهای عمق به ارتفاع و عمق به فاصله دیوارهای مدل به عنوان بندهای اصلاحی که به صورت متوالی در فلوم آزمایشگاهی نصب گردید، انجام گرفته است. کامپاسینوو همکاران بر روی مدل رسوب‌گذاری جریان در بالادست سدهای اصلاحی با تحلیل عددی و تاثیر آن‌ها در رودخانه‌های مناطق کوهستانی تحقیق نمودند [۱].

آنالیز ابعادی و تشابه هیدرولیکی با استفاده از آنالیز ابعادی به روش باکینگهام، متغیرهای مورد آزمایش عبارتند از:

$$f1(y, v, \rho, \mu, g, L, H, S, \tau c, D_s, \gamma s) \quad (3)$$

در رابطه فوق یک متغیر از خصوصیات سیال مورد آزمایش، دومی از خصوصیات جریان و سومین متغیر از بعد طولی انتخاب می‌گردند، شفافی [۱۷]، که عبارتند از:

$$(\rho, v, y) \quad (4)$$

$$f2 \left[ \left( \frac{yg}{v^2} \right), \left( \frac{\mu}{\rho v y} \right), \left( \frac{H}{y} \right), \left( \frac{L}{y} \right), (S), \left( \frac{g y S}{v^2} \right), \left( \frac{D}{y} \right) \right] = 0 \quad (5)$$

لذا نتیجه می‌شود:

$$\pi_1 = v^2/gy, \quad \pi_2 = \rho v y / \mu \quad (6)$$

$$\pi_3 = y/H, \quad \pi_4 = y/L, \quad \pi_5 = S y, \quad \pi_6 = v/u *$$

معادل ۰/۱۸ و S3 معادل ۰/۱۶ برای دبی های ۱۰، ۱۲، ۱۵ و ۱۸ لیتر بر ثانیه تکرار و ثبت گردید. در طول آزمایش عمق و سرعت جهت تعیین عدد فرود و رژیم جریان و با استفاده از عمق سنج و سرعت سنج دیجیتال اندازه گیری شد. تعداد آزمایشات انجام شده ۱۳۵ مورد بوده (3S\*5Q\*3L\*3H=135) که موجب تعیین مقادیر **Teg** به درصد به ازای تغییر ارتفاع و فواصل میان آنها گردید.

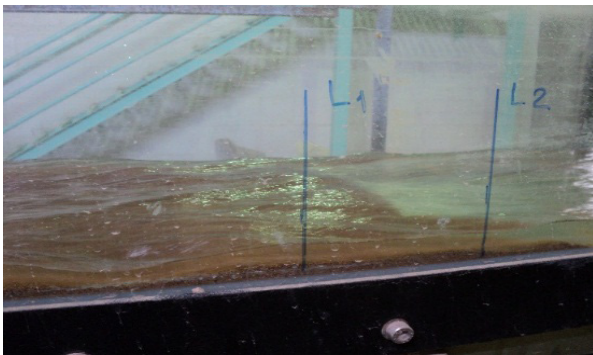
$$\%Teg = (WHij / W) * 100 \quad (17)$$

**Teg** = رسوب تجمعی پشت دیوارها در هر آزمایش  
**Whij** = وزن رسوبات تله افتاده پشت دیوارها در هر آزمایش  
**W** = وزن رسوبات در بالادست دیوارها قبل از آزمایش  
 زمان انجام هر آزمایش از رابطه زیر بدست می آید، شفعا [۱۷]:  
 $Tr = Tm/Tp = Lr^{1/2} \quad (18)$

شکل ۳ آغاز آب شستگی رسوب بستر تحت رژیم جریان فوق بحرانی را در ابتدای فلوم نشان می دهد.



شکل ۲- فلوم آزمایشگاهی مورد استفاده در آزمایش رسوب  
 Fig 2. The flume used for sediment tests  
 under super critical flow regime



شکل ۳ - آغاز آب شستگی بستر تحت رژیم جریان فوق بحرانی

Fig 3. Beginning of bed-load movement

### نتایج

در زیر اشکال ۴ تا ۱۲، مستخرج از جدول ۱ مقایسه درصد رسوبات تله اندازی شده با دیوارهای **Hij** (i نشانگر شماره دیوار و j ارتفاع آن می باشد) در دبی های مختلف (5-q1)، با استفاده از

$$Qp1 = 570 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow Qm5 = 8 \text{ L/s}$$

$$Qp2 = 707 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow Qm4 = 10 \text{ L/s}$$

$$(11) \quad Qp3 = 860 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow Qm3 = 12 \text{ L/s}$$

$$QP4 = 1070 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow Qm2 = 15 \text{ L/s}$$

$$Qp5 = 1285 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow Qm1 = 18 \text{ L/s}$$

شیب های مورد استفاده در آزمایش عبارتند از، نشریه ۵۹۰ [۱۵]:  
 $S1 = 0.02, S2 = 0.018, S3 = 0.016 \quad (12)$

مقیاس طولی  $Lr = 1/1250$ ، فاصله دیوارها در فلوم می باشد که تابعی از شیب بستر بوده و برای Lm1-3 در آزمایش مورد استفاده قرار گرفته است، نشریه ۴۱۶ [۱۱]، ارزیابی فاصله سازه های تقاطعی (سدهای اصلاحی) احداث شده در رودخانه قورچای رامیان، ناظمی [۹] و مقایسه دقت مدل های برآورد فاصله بین سدهای اصلاحی به منظور ترسیم نمودارهای فاصله-ارتفاع-شیب در حوزه سد درودزن، عناوین تحقیقاتی است که در این زمینه انجام شده است، اسماعیلی [۵]:

$$Lm1 = 2.50 \text{ m}, Lm2 = 2.60 \text{ m}, Lm3 = 2.70 \text{ m} \quad (13)$$

تعیین منحنی دانه بندی  
 منحنی دانه بندی ذرات بستر بر اساس آمار ایستگاه هیدرومتری رودخانه کارون نشان داده شده در شکل ۱ و استفاده از الک های استاندارد، طبق سیستم طبقه بندی متحد، دارای مشخصات زیر می باشد:

$$Cu = \frac{D60}{D10} = \frac{3}{0.5} = 6 \quad (14)$$

$$Cc = \frac{D30^2}{D60} * D10 = \frac{(2.25)^2}{3} * 0.5 = 3.4 \quad (15)$$

بنابراین ضریب یکنواختی برای شن و ماسه خوب دانه بندی شده و ضریب دانه بندی برای شن بد دانه بندی شده و برای ماسه خوب. [۱۹] دانه بندی شده بدست آمد، طاحونی لذا بر اساس درصد وزنی و قطر ذرات رسوب و قطر معادل ذرات داریم، شفعا [۱۸]:

$$Dmean = \sum Pi Di / 100 = 33.83 \text{ mm} \quad (16)$$

$$\rightarrow dr = dm/dp = 1/50$$

$$\rightarrow dm = 1/50 * 33.83 = 0.6 \text{ mm}$$

بنابراین الک نمرة ۳۰، d90 ذرات مدل و الک نمرة ۶۰ معادل d50 می باشد. بدین ترتیب برای ذرات رسوب در مدل از الک های نمرة ۳۰ و ۶۰ استفاده گردید.

نحوه آزمایش تله اندازی رسوب در مدل

نخست ضمن نصب دیوارهای  $H_{i1}$  (i=۳,۲,۱) با ارتفاع ۱۰ سانتی متر و به فاصله L1 معادل ۲/۵ متر از یکدیگر در فلومی به ابعاد  $W*H*L=309*450*1250$  میلی متر (شکل ۲) و تنظیم شیب کف S1 به صورت دستی معادل ۰/۰۲، دبی Q1 برابر با ۸ لیتر بر ثانیه توسط الکتروپمپ در آن برقرار گردید. این آزمایش برای دیوارهای  $H_{i2}$  و  $H_{i3}$  به ترتیب با ارتفاع ۸ و ۶ سانتی متر در فواصل L2 و L3 به طول های ۲/۶ و ۲/۷ متر و در شیب های S2

تغییرات عدد بی بعد فرود جریان به عنوان متغیر مستقل برای حالاتی که: (۱) شیب و فاصله ثابت و ارتفاع دیوارها تغییر می کند، (اشکال ۶ تا ۹).

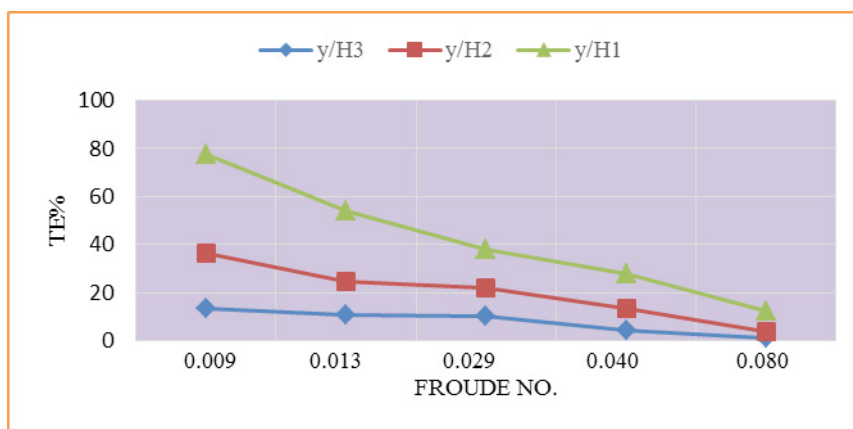
(۲) شیب و ارتفاع ثابت و فواصل دیوارها تغییر می کند (اشکال ۱۰ تا ۱۲)، آورده شده است: (۳) فواصل و ارتفاع دیوارها ثابت و شیب تغییر می کند (اشکال ۱۳ تا ۱۶).

(۴) شیب و ارتفاع ثابت و فواصل دیوارها تغییر می کند (اشکال ۱۷ تا ۲۰).

جدول ۱- مقایسه تغییرات درصد تله اندازی رسوب تجمعی برای دیوارهای با ارتفاع  $H_{ij} (j=1,2,3)$

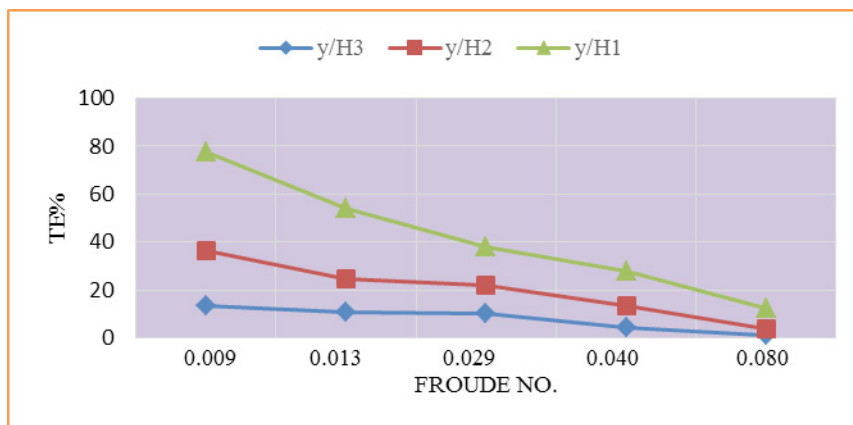
Table 1. Comparing variations of cumulative sediment trapping for the walls of Hij

Discharge	Slope	$\overline{Teg}$ for height H1	$\overline{Teg}$ for height H2	$\overline{Teg}$ for height H3
Q1	S1	98.90	98.70	98.40
	S2	98.96	98.86	99.00
	S3	99.10	98.56	99.16
Q2	S1	98.23	98.50	98.63
	S2	98.30	98.30	99.20
	S3	98.48	98.73	99.33
Q3	S1	98.43	98.43	97.86
	S2	98.00	98.56	98.23
	S3	98.20	98.96	98.76
Q4	S1	98.86	97.33	93.53
	S2	98.60	98.70	96.63
	S3	97.96	99.30	97.16
Q5	S1	98.40	95.36	84.66
	S2	98.70	97.30	89.70
	S3	98.70	96.93	94.00
Mean of T. = $\sum \%Teg/n$		98.45	98.16	96.28

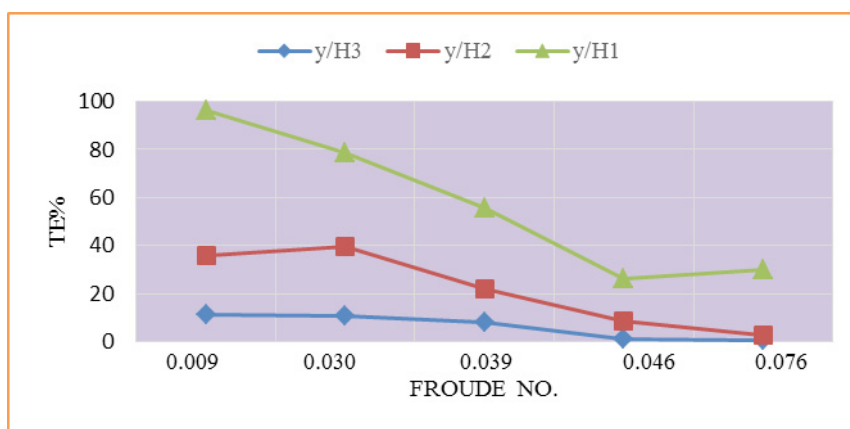


شکل ۴- تله اندازی در شیب  $S_1$  (شیب و فاصله ثابت و ارتفاع متغیر)

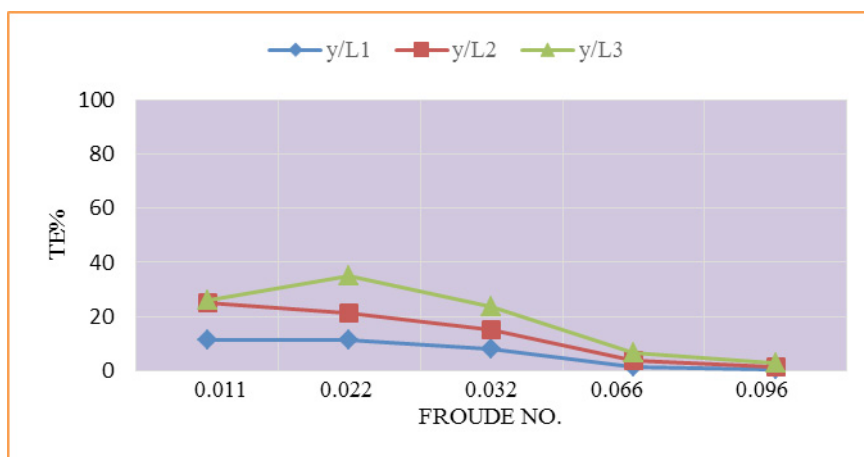
Fig 4. Trapping at slope s1 (slope and distance constant and height variable)



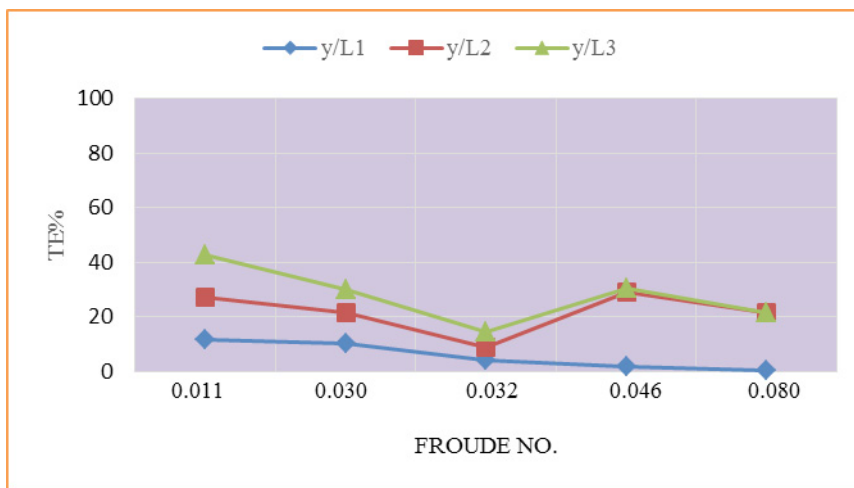
شکل ۵ - تله اندازی در شیب S2 (شیب و فاصله ثابت و ارتفاع متغیر)  
 Fig 5. Trapping at slope s2 (slope and distance constant and height variable)



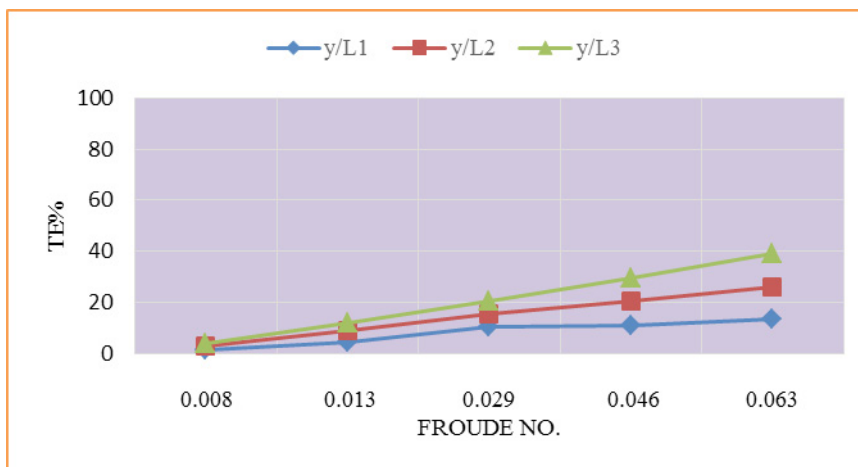
شکل ۶ - تله اندازی در شیب S3 (شیب و فاصله ثابت و ارتفاع متغیر)  
 Fig 6. Trapping at slope s3 (slope and distance constant and height variable)



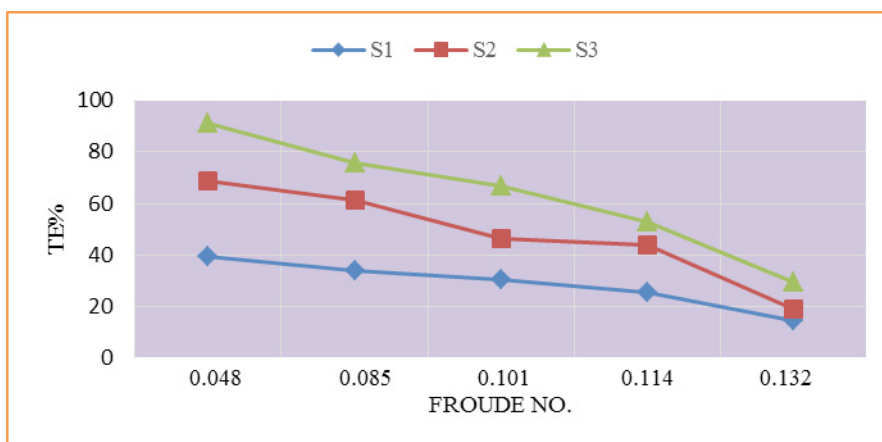
شکل ۷ - تله اندازی در شیب S1 (شیب و ارتفاع ثابت و فاصله متغیر)  
 Fig 7. Trapping at slope s1 (slope and height constant and distance variable)



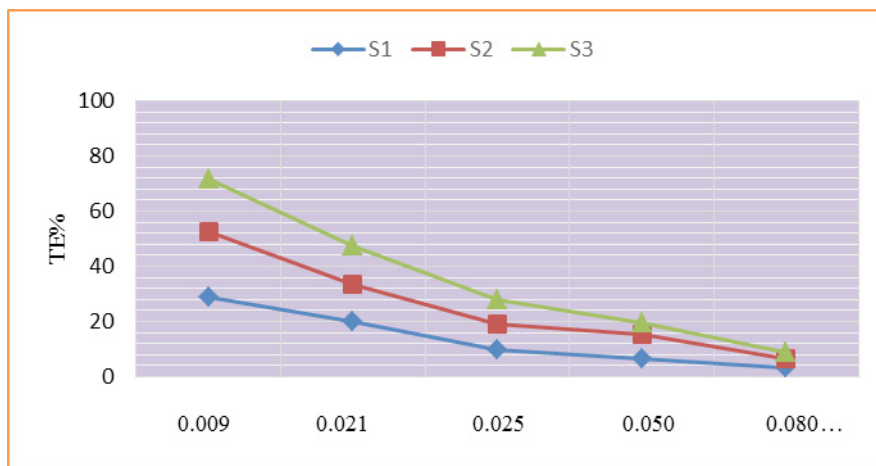
شکل ۸- تله اندازی در شیب S2 (شیب و ارتفاع ثابت و فاصله متغیر)  
 Fig 8. Trapping at slope s2 (slope and height constant and distance variable)



شکل ۹- تله اندازی در شیب S3 (شیب و ارتفاع ثابت و فاصله متغیر)  
 Fig 9. Trapping at slope s3 (slope and height constant and distance variable)

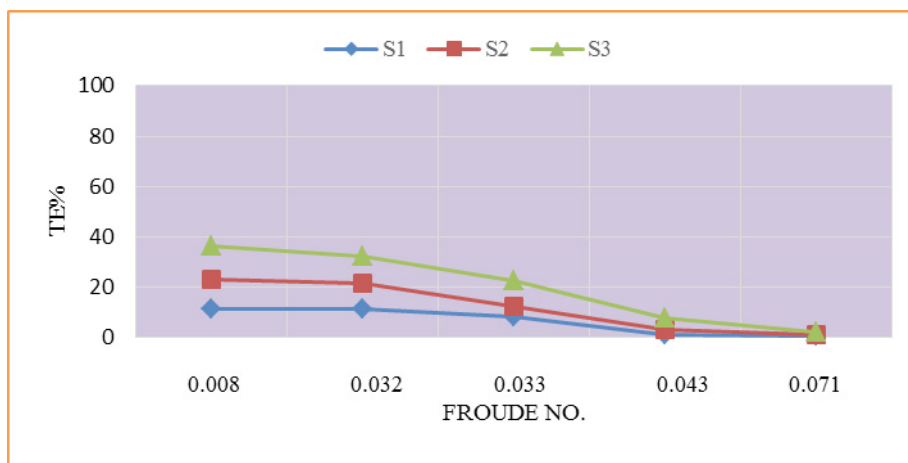


شکل ۱۰- تله اندازی در  $y/Hi1,y/L1$  (فاصله و ارتفاع ثابت و شیب متغیر)  
 Fig 10. Trapping at  $y/Hi1,y/L1$  (distance slope and height constant and slope variable)



شکل ۱۱- تله اندازی در  $y/Hi_2, y/L_2$  (فاصله و ارتفاع ثابت و شیب متغیر)

Fig 11. Trapping at  $y/Hi_2, y/L_2$  (distance slope and height constant and slope variable)



شکل ۱۲- تله اندازی در  $y/Hi_3, y/L_3$  (فاصله و ارتفاع ثابت و شیب متغیر)

Fig 12. Trapping at  $y/Hi_3, y/L_3$  (distance slope and height constant and slope variable)

صحت آزمایش انجام شده، مشاهده می‌گردد که محدوده تغییرات عدد رینولدز مرزی  $Re^*$  در بازه جریان بینابین یعنی  $5 < Re^* < 250$  قرار دارد. به گونه‌ای که نقاط تلاقی عدد رینولدز مرزی  $Re^*$  و عدد شیلدز  $s\theta$  در ناحیه حرکتی ذرات بستر واقع می‌گردد، شفافی [۱۸]. نقاط مشترک با تنش برشی بالاتر تاثیر مستقیم بر الگوی انتقال رسوب و دینامیک حرکت جریان دارد، مندوزا و همکاران [۲۳]. با افزایش تنش برشی تاثیر شیب نیز کاهش می‌یابد، دامگارد [۳]. مطالعات صحرائی بر روی مجموعه‌ای از بندهای اصلاحی واقع در حوضه سنگو منطقه یونان چین نشان داد که حجم رسوب انباشته شده در پشت هر سد بستگی به موقعیت نسبی آن در مجموعه دارد که به تدریج از بالادست به پایین دست کاهش می‌یابد، ژو و چن [۲۰]. تجربه نشان داده است که بهره‌برداری از سدهای کوتاه در دوره‌های زمانی کم رسوبات کم‌تری در خود نگه می‌دارد [۸]. در آزمایش‌های مشابه، رزم خواه [۱۶] و غفاری [۶]، عمدتاً از دیوارهای شکاف‌دار که بخش عمده‌ای از رسوبات بستر را از خود عبور می‌دهند استفاده شده است که از راندمان تله اندازی کم‌تری برخوردار هستند. به

## نتایج

**حالت اول (اشکال ۴ تا ۶):** با افزایش ارتفاع دیوارها در شیب و فاصله ثابت، تله اندازی رسوب افزایش می‌یابد، ضمن اینکه هم‌زمان با افزایش فرود از میزان آن کاسته می‌گردد، در این حال تاثیر افزایش عدد فرود بر روند کاهش شیب غالب است. **حالت دوم (اشکال ۷ تا ۹):** با افزایش فاصله دیوارها در شیب و ارتفاع ثابت، تله اندازی رسوب افزایش می‌یابد، ضمن اینکه با افزایش فرود از میزان آن کاسته می‌گردد. در این حال، در صورت کاهش شیب، تاثیر افزایش فاصله بر روند افزایش فرود غالب است. **حالت سوم (اشکال ۱۰ تا ۱۲):** با کاهش شیب میزان تله اندازی رسوب افزایش می‌یابد. این مقادیر، متاثر از تغییر نسبت‌های  $y/L$  و  $y/H$  می‌باشد (رابطه معکوس تله-اندازی و شیب بستر و رابطه مستقیم آن با تغییرات ارتفاع و فاصله).

## بحث و نتیجه‌گیری

با کنترل مقادیر عددی رینولدز مرزی و عدد شیلدز در جهت

5. Ghaffari, S.,(2014),Investigation of Correlation rate on effective factors of sedimentation trap in check dams, National congress of civil eng., (12p.),(In Persian).

6. Kazemi, E., (2016), Experimental study on sedimentation trap profile of permeable & non-permeable check dams, water eng. Conf. center,(12p.),(In Persian).

7. MacBroom, J., (2008), Sediment management during low dam removal, ASCE,(10p.).

8. Nazemi,R.,(2015),Interval evaluation of check dams made on Ghorchai river of Ramian, fifth civil eng. Conf.(10p.),(In Persian).

9. Nikkhah, Z., (2017), Investigation of slope & consecutive obstacle factors on body density of cloudy flow, fifth hydraulic Conf. of Iran, Ghazvin,(6p.),(In Persian).

10. Publication no. 416, (2008), Instruction for design, Implementation & Maintenance of flood control and Sedimentation structures, MPO, (92p.),(In Persian).

11. Publication no. 688, (2015), Guidelines for determination of hydraulic roughness of rivers, MPO, (125p.), (In Persian).

12. Piton, G., et al. ,(2015), Design of sediment trap with open check dams, ASCE.

13. Pub.No.383,(2007),Guidance on sedimentation and erosion studies in river regeneration, MPO(185p),(In Persian).

14. Pub.590,(2011),Guide for calculation of suspended sediment load and river beds, MPO,(173p.),(In Persian).

15. Razmkhah, A.,(2015), Exp. Study of trapped sediments in check dams,IAU,Tehran, (11p.),(In Persian).

16. Shafai Bajestan, M,(2006),Physical & Hydraulic models,U.of Chamran pub., (268p.),(In Persian).

17. Shafai Bajestan, M., (2016), Sedimentation Hydraulics, U. of Chamran pub., (549p.),(In Persian).

18. Tahouni,A.,(1994),Mechanic of soil principals,Amir Kabir U.,(686p.),(In Persian)

19. Zou, Y.H.&Chen, Q., (2015), Effectiveness and efficiency of slit- check dam system on debris flow control, Natural hazard and earth system Sc., Institute of mountain hazard and environment, China.

عنوان مثال در مدلی با ۳ تیپ دیوار شکاف دار، میانگین تله اندازی ۷۲٪ می باشد، رزم خواه [۱۶]. بندهای اصلاحی کاملاً بسته، مقادیر زیادی رسوب رودخانه‌ها را در جهت تثبیت شیب بستر و کنترل فرسایش در خود جای می دهند، زوچن و همکاران [۲۱].

با مراجعه به جدول ۱ و بررسی تغییرات روند تله اندازی برای دیوارهای Hij در شیب‌ها و فواصل مورد آزمایش (اشکال ۴ تا ۱۲) مشاهده می گردد که دیوارهای Hi2 با ظرفیت تجمعی تله اندازی رسوب به طور میانگین ۹۸٪ و عملکرد نزدیک به دیوار Hi1 گزینه مناسب تری می باشد. استفاده از دیوار نوع Hi2 در شیب حداقل S3 (شیب پایین دست) موجب افزایش نرخ رسوب گذاری و رسیدن بستر آبراهه به شیب حدی است که اثر آن برقراری جریان رودخانه‌ای و کاهش میزان فرسایش در مواقع سیلابی است، شفاعی [۱۸]. با این وجود، باید در نظر داشت که در محیط طبیعی، افزایش آورد رسوب و تشکیل بستر متحرک، شکل گیری فرم بستر و مقاومت ذره را محدود می نماید، ایوانز و ویلکاکس [۲۴]. دیوار نوع Hi1 با ظرفیت تله اندازی بیشتر جهت شیب بالادست (S1) مناسب تر است. در اشکال ۴ تا ۱۲ رابطه همبستگی خطی  $[Te = a (Fr) + b]$  در حالات مختلف حاکم است که با درجه آزادی ۳ در سطح ۰/۰۱ معنی دار می باشد، اهدائی [۴].

### پیشنهادها

پیشنهاد می گردد آزمایش های مشابهی در فواصل مورد نظر L1-3، با استفاده از هر سه ارتفاع، یعنی H1، H2 و H3 در یک مسیر و دبی  $q1-5$  جهت تعیین درصد تله اندازی رسوب در شیب های S1-3، از بالا- دست به پایین دست انجام گرفته، هم چنین میزان تاثیرات تغییر ارتفاع در در یک مسیر بر پروفیل جریان و کاهش یا افزایش سرعت و تنش برشی ( $\tau$  و  $U^*$ ) مورد بررسی قرار گیرد.

### منابع

1. Chaploghi, A.,(2001), Sediment trap coefficient investigation of delay dams with physical model,Master of water eng. Dissertation, Tarbyat Moddares U.(125p.),(In Persian).

2. Damgaard,J. et al.(1997),Bed-load sediment transport on steep longitudinal slopes, ASCE. Ehdad,B.(1990),Writer,“General experimental

3. statistics”, U. of Chamran publishing,Ahvaz,(1-467),(In Persian).

4. Esmaeli, A, (2009),Comparison of precision of models for estimation of distance between check dams to draw interval-height- slope graphs in Doroudzan basin, fifth national watershed congress, Gorgan(12p.),(In Persian).



23. Evans, E. & Wilcox, A., (2013), Fine Sediment Infiltration Dynamics in a Gravel-Bed River Following a Sediment Pulse, John Wiley & Sons, Ltd., (13p.).

24. Campisano, A., et al. , (2008), Modeling sediment evaluation upstream of slit-check dams in mountain stream, ASCE.

20. Zu chen,S., et al., (2016), Using hydraulic engineering model experiment to study the sediment trapping efficiency of adjustable check dams, J. of engineering, Sc. Research publishing.

21. Piton, G. & Recking, A. ,(2016), Closure to “Design of Sediment Traps with Open Check Dams. I: Hydraulic and Deposition Processes”, J. Hydraul. Eng. (ASCE).

22. Mendoza, A. et al., (2017), Effect of Sediment Transport Boundary Conditions on the Numerical Modeling of Bed Morphodynamics, J. Hydraul. Eng. (ASCE), (12p.).

*Abstract*

## Experimental Consideration on Height and Distance Effects of Consecutive Small Dams in Trapping of Sedimentation

M. Bensaid<sup>1</sup>, A. A. Kamanbedast<sup>2</sup>, M. H. Pour Mohammadi<sup>3</sup>, M. Shafai Bajestan<sup>4</sup> and A. R. Masjedi<sup>5</sup>

Received:27-09-2017 Accepted:23-02-2019

Sediment transport is one of the important indicators of rivers in natural conditions, which is affected by the change in geometric and flow characteristics, which is reflected in the alignment or sedimentation of different river routes. Therefore, providing suitable solutions for sediment control and fixing the longitudinal slope of the bed and preventing sediment transport from upstream areas with a steep slope into the dam reservoirs, which is a major reason for their useful life, the necessity of carrying out the experiment in this field is justified. This research studies the sedimentation status and how it is controlled using the physical model of short successive dams made of Plexiglass at three altitudes and three different distances when the slope of the bed and the discharge changes. Dimensional analysis was performed by Buckingham method to determine the variables such as; depth ratio to height ( $y/H$ ) and depth to distance ( $y/L$ ) as an effective factors in determining the percentage of cumulative sediment trapping ( $T_{eg}$ ). Accordingly, the relationship between the aforementioned ratios with the percentage of sediment trapping using dimensionless factor of Froude number as an independent variable in different scenarios has been investigated and finally various measuring height of walls in the model, have been proposed for different slopes.

**Keywords:** *Sediment discharge, Flow depth, Small dams, Bed slope, Froude number.*

- 
1. Ph.D. Student, Dept. of Water Sc. & Eng, IAU, Kuzestan Sc.& Research Branch, Agricultural Management, IAU,Ahvaz
  2. Corresponding author and Assist. Prof. of Dept. of Water Sc. & Eng., IAU, Ahvaz Branch, Ahvaz, E-mail: Ka57\_amir@yahoo.com
  3. Assistant Professor of Dept. Water Sc. & Eng., IAU, Ahvaz Branch, Ahvaz
  4. Professor of Water Engineering Sc. Faculty, University of Chamran, Ahvaz
  5. Assistant Professor of Dept. of Water Sc. & Eng., IAU, Ahvaz Branch, Ahvaz