Archive of SID

یازدهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
توسعه مشارکتی در مدیریت حوزه‌های آبخیز
11th National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering of Iran
Participatory Development in Watershed Management
۳۱ فروردین لغایت ۲ اردیبهشت ۱۳۹۵
April 19-21, 2016

بررسی نحوه توزیع رسوب سد بارون ماکو با استفاده از روش تجربی کاهش سطح

هادی ایرجی[۱]، میرعلی محمدی[۲]

۱- کارشناس ارشد عمران سازه های هیدرولیکی دانشگاه ارومیه

۲- دانشیار و استاد گروه مهندسی عمران دانشگاه ارومیه

Hadi.iraji2000@gmail.com

چکیده

به طور متوسط ۱۲ درصد حجم منابع آب تجدیدشونده طبیعی جهان در مخازن سدها ذخیره می شود،و این میزان در مناطقی نظیر خاورمیانه تا ۶۰ درصد هم می رسدو یکی از بزرگترین مشکلاتی که پس از ساخت سدها ایجاد می‌شود مسئله‌ی رسوبگذاری در مخازن آنهاست این پدیده بهره برداری بهینه از حجم آب ذخیره شده در مخزن سد را با مشکل جدی مواجه می سازد. در ایران سالانه بیش از ۱۰۰ میلیون متر مکعب از گنجایش سدها بر اثر انباشته شدن رسوبات کاسته می‌شود. بنابراین تعیین میزان و چگونگی تجمع رسوبات در مخازن از جنبه های پایداری و بهره برداری حائز اهمیت است. روش‌های تجربی کاهش سطح هم یکی از روش‌های تعیین توزیع رسوبات مخازن سدها با استفاده از روابط تجربی می‌باشد. در این تحقیق چگونگی توزیع رسوب در مخزن سد بارون ماکو که از لحاظ جنبه های رسوب گذاری یکی از آسیب پذیرترین سد های کشور عزیزمان می باشد، با استفاده از روش تجربی کاهش سطح مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور اطلاعات سطح – حجم – ارتفاع اولیه مخزن و اطلاعات بدست آمده از هیدروگرافی در سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۸۷ استفاده گردید و توزیع رسوب مخزن سد با استفاده از روش کاهش سطح پیش بینی گردید و براساس نتایج بدست آمده بعد از ۳۰ سال رسوبات به تراز حداقل بهره برداری مخزن سد خواهد رسید و سد بارون ماکو عملاً غیر قابل بهره برداری خواهد شد.

کلمات کلیدی: سد بارون ماکو، رسوب، مخزن، روش کاهش سطح

مقدمه

ایران جزو مناطق نیمه خشک جهان محسوب می‌شود. لذا بحران کمبود آب شیرین سبب شده سرمایه‌های بسیاری در این راه صرف شود. احداث سد در مسیر رودخانه‌ها و ذخیره آب در پشت آن‌ها از بهترین روش‌ها جهت تامین آب، کنترل سیلاب، تولید انرژی برق آبی و ایجاد مراکز تفریحی از دیگر عوامل احداث سد می‌باشد.از مخاطرات رسوب گذاری می‌توان به کاهش حجم مفید مخزن، صدمه به دریچه های تحتانی و نیروگاهها، افزایش رقوم سطح آب در بالا دست مخزن و فرسایش در پایین دست سد نام برد. ذرات رسوبی که به مخازن سدها وارد می شوند به یک میزان در نقاط مختلف ته نشین نمی‌شوند، در نتیجه یافتن نحوه ته نشست مواد رسوبی برای طراحان به منظور تعیین آستانه دریچه‌های عمقی و آبگیر و بررسی تعادل و پایداری سد و در دوران بهره برداری از سدها، نحوه پخش رسوب در برآورد مجدد حجم مفید باقیمانده مخزن اهمیت فراوانی دارد. بنابراین لازم است توزیع رسوب مواد معلق در مخزن سدها را پیش بینی نمود. چندین روش برای برآورد نحوه توزیع رسوب در مخازن سدها ارائه شده که اغلب آنها به صورت مدل‌های تجربی-ریاضی هستند.از این بین روش کاهش سطح نسبت به سایر روش‌های تجربی متداول تر است. تاکنون بیش از ۲۲ روش تجربی برای

www.SID.ir

Archive of SID

محاسبه چگونگی توزیع رسوب در مخازن سدها ارائه شده است. ولی با این وجود سه روش بورلند و میلر یا روش کاهش سطح(۱۹۵۸)، روش بورلند(۱۹۷۰) و روش منه و کریل(۱۹۵۹) نسبت به سایر روش ها متداول تر هستند. روش کاهش سطح اولین بار در سال ۱۹۶۰ توسط بورلند و میلر با مطالعه ۳۰ سد در آمریکا ارائه گردید. سپس در سال ۱۹۶۲ مودی اقدام به اصلاح این روش کرد.تحقیقات بسیاری در مورد بهبود روش تجربی روش کاهش سطح انجام شده است که در ادامه به تعدادی از آنها که در ارتباط با واسنجی این روش می‌باشد اشاره شده است.(بورلند،۱۹۵۸)

بر اساس تحقیقاتی که آناندیل روی ۱۴ مخزن در آفریقای جنوبی انجام داد، به این نتیجه رسید که روش پیشنهادی بورلند و میلر در تعیین نوع مخزن مناسب نبوده و تنها یکی از ۱۴ مخزن مورد مطالعه بهترین جواب را با نوع مخزن پیشنهادی دارد و بقیه مخازن بهترین تطابق را با مقادیر هیدروگرافی با نوع مخزن دیگری به جز نوع مخزن پیشنهادی دارند.(مودی،۲۰۱۱)کارگر و صدقی(۱۳۸۷) رسوبگذاری در مخزن سد سفید رود را با روش‌های تجربی کاهش و افزایش سطح و روش تجربی گالای و اوانس بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که خروجی این روش‌ها با مقادیر هیدروگرافی تفاوت فاحشی داشته و این روش‌ها باید واسنجی شوند. موسوی و هابیلی(۱۳۸۷) تأثیر ضریب شکل و تغییرات آن را در اثر رسوبگذاری بررسی کرده و روش جدیدی جهت بهبود تعیین ضریب شکل مخزن ارائه کردند. خودحال و غیاثی (۱۳۸۸)، توزیع رسوب در مخزن سد کرج را با سه روش تجربی کاهش سطح، افزایش سطح و مثلثاتی مورد بررسی قرار داده و براساس داده های ثبت شده تا سال ۱۳۷۰ روش مثلثاتی را به عنوان بهترین روش تجربی، برای تخمین رسوب گذاری مخزن سد کرج معرفی نمودند. هدف از تحقیق حاضر بررسی نحوه توزیع رسوب مخزن سد بارون ماکو با استفاده از روش کاهش سطح تخمین عمر مفید باقیمانده مخزن سد می‌باشد.

روش تحقیق

در این تحقیق سعی بر آن است که با استفاده از داده های هیدروگرافی سال های ۱۳۸۲ و ۱۳۸۷ نحوه توزیع رسوب با استفاده از روش کاهش سطح اصلاح شده توسط مودی و حجم مفید باقیمانده مخزن بر اساس این روش مورد بررسی قرار بگیرد.

مشخصات سد بارون ماکو

سد ماکو سدی خاکی است که گنجایش مخزن آن در تراز نرمال(۱۶۹۰.۷۴) برابر ۱۳۷/۶۴ میلیون متر مکعب می باشد. سرریز سد از نوع تونلی ساده به قطر تونل ۵/۷ می باشد. جدول شماره (۱) بیانگر مشخصات اصلی سد می باشد.

جدول۱- مشخصات اصلی سد ماکو

ارتفاع از پی	۷۹ متر
طول تاج	۲۱۰ متر
ضخامت قاعده	۳۵۰ متر
ضخامت در تاج	۱۰ متر

www.SID.ir

Archive of SID

سیستم تخلیه تحتانی سد متشکل از یک کانال آبگیر با تراز کف خروجی ۱۶۵۲ متر از سطح آبهای آزاد و دارای یک شیر اضطراری پروانه ای به قطر ۲ متر و دو شیر کنترل جانسون به قطر ۱/۲ متر می باشد. تخلیه کننده تحتانی دارای دو شیر کشویی که تراز کف آبگیر این سازه معتدل ۱۶۴۰ متر می باشد.تراز حداقل بهره برداری مخزن هم در ارتفاع ۱۶۶۰ متر از سطح آب‌های آزاد می‌باشد.

روش کاهش سطح

در این روش مخازن سدها مطابق جدول (۲) به ۴ نوع تقسیم می شوند. عامل مبنای تقسیم بندی مخازن عامل m است. m عبارتست از عکس شیب بهترین خط نمایش ترسیمی ارتفاع مخزن بر حسب ظرفیت مخزن که روی کاغذ تمام لگاریتمی رسم شده باشد که عمق در محور قائم و حجم در محور افقی است. (سازمان مدیریت منابع آب ایران،نشریه شماره۵۸۹)

جدول۲- تعیین نوع مخزن سد با استفاده از مقدار m

درجه بندی مخزن	نوع مخزن	M
۱	دریاچه معمولی(Lake)	۳/۵ – ۴/۵
۲	دشت سیلابی(Flood Plain)	۲/۵ – ۳/۵
۳	کوهپایه‌ای(Hill)	۱/۵ – ۲/۵
۴	کوهستانی(Gorge)	۱ – ۱/۵

معادله اصلی در این روش بصورت رابطه (۱) می باشد:

$$S = \int_0^{y_0} A dy + \int_{y_0}^{H} K a dy \qquad (۱)$$

که S کل رسوبات ورودی به مخزن سد در طول دوره طراحی، تراز بستر رودخانه در محل احداث سد بعد از انباشت رسوبات که معادل عمق رسوب ته نشین شده می باشد،A سطح مخزن در ارتفاعات مختلف dy، جزیی از ارتفاع، H ارتفاع مخزن در تراز نرمال سد، a سطح نسبی رسوب که به ازای مقادیر مختلف عمق نسبی (p) قابل محاسبه است و K، ضریب تناسب به منظور تبدیل سطح نسبی رسوب به سطح واقعی است.

در روش کاهش سطح گامهای زیر در تعیین چگونگی توزیع رسوبگذاری در مخزن باید دنبال شوند:

گام اول: عمق مخزن در مقابل ظرفیت آن در یک کاغذ تمام لگاریتمی رسم می گردد تا فاکتور شکل مخزن(m) تعیین و بر اساس آن نوع مخزن از جدول (۱) مشخص شود.

گام دوم : مقادیر تابع بی بعد h'(p) برای مقادیر مختلف عمق نسبی P از رابطه (۲) محاسبه می شود.

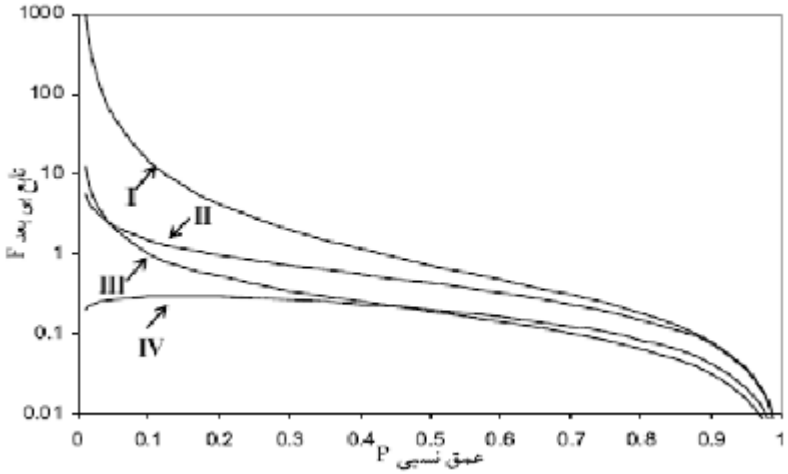
$$h'(p) = \frac{S - V(y)}{H * A(y)} \qquad (۲)$$

که در آن h'(p) ،تابع بی بعدی از کل رسوب ته نشین شده، ظرفیت، عمق و مساحت مخزن، S، حجم کل رسوب ته نشین شده، V(y)، ظرفیت مخزن در رقوم y، H عمق اولیه مخزن و A(y) مساحت مخزن در رقوم y می باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

گام سوم: مقادیر h'(p) بر حسب عمق نسبی P و همچنین رابطه F-P بدست آمده در یک دستگاه مختصات رسم می شود . نقطه برخورد این دو منحنی ،رقوم صفر جدید را در محل سد مشخص می کند.



شکل۱-مقادیر تابع بی بعد h'(p) در برابر عمق نسبی برای انواع مخزن

گام چهارم : با استفاده از منحنی حجم – ارتفاع مخزن ، حجم رسوب موجود در تراز زیر صفر مخزن تعیین و سپس حجم رسوب در اعماق مختلف برآورد می گردد. (سازمان مدیریت منابع آب ایران،نشریه شماره ۲۲۱)

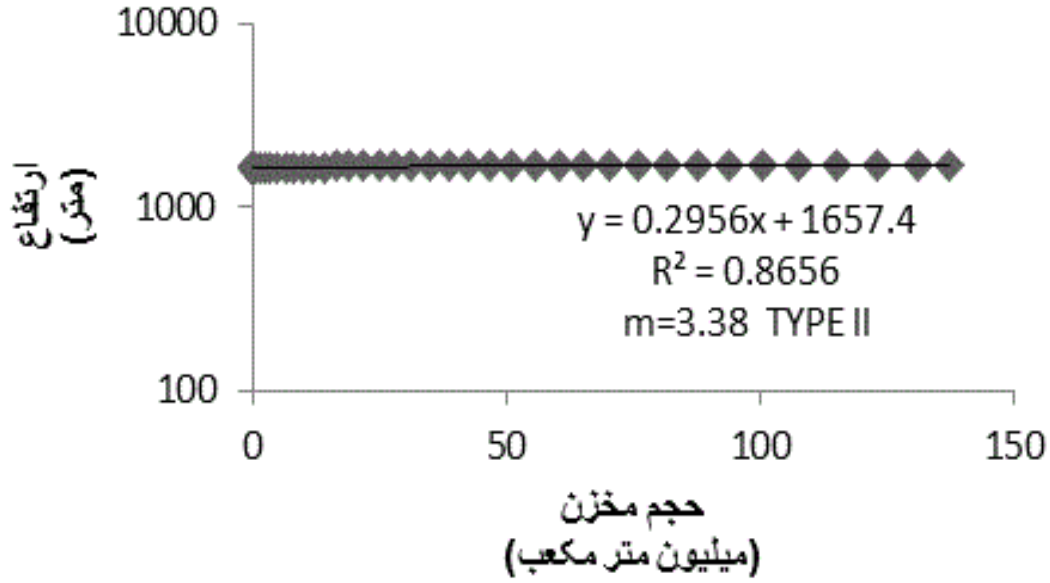
نتایج و بحث

نوع مخزن بارون ماکو را با استفاده از نمودار لگاریتمی عمق- ظرفیت مشخص می کنیم:

با توجه به شکل (۲) مقدار m=3.38 و بیانگر این است که مخزن از نوع تیپ ۲ یعنی دشت سیلابی با میزان رسوب گذاری نسبتا زیاد است. و مقادیر p(h') برای عمق‌های مختلف با توجه به تیپ مخزن محاسبه کرده و نمودار p(h') بر اساس p رسم می‌کنیم.

www.SID.ir

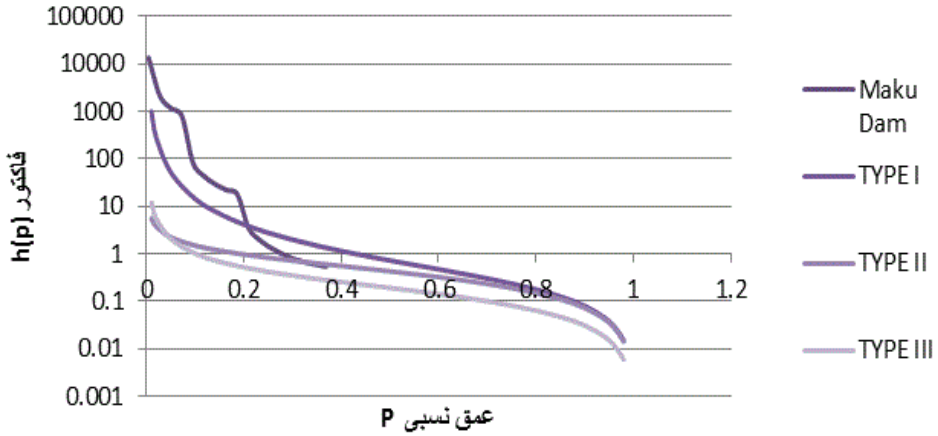
Archive of SID



شکل ۲- نمودار لگاریتمی عمق-ظرفیت

نمودار مقادیر بدون بعد $h'(p)$ را در برابر عمق نسبی مخزن رسم می کنیم و از محل تلاقی آن با منحنی مربوط به مخازن نوع ۲ را بدست می آوریم. با توجه به نمودار شکل (۳) مقدار ۰/۳ بدست می آید که داریم:

با توجه به محاسبات انجام گرفته تراز صفر جدید در ۱۶۶۰ متر از سطح دریا قرار می‌گیرد.



شکل ۳- نمودار عمق نسبی در برابر تابع بدون بعد جهت تعیین مقدار p0

با توجه به نتایج هیدروگرافی، سالانه به‌طور متوسط ۱/۶۷ میلیون مترمکعب رسوب وارد سد می-شود، با این فرض اقدام به محاسبات توزیع ۳۰ ساله رسوب می نماییم که جدول ۶ خلاصه این محاسبات را در برگرفته‌است.

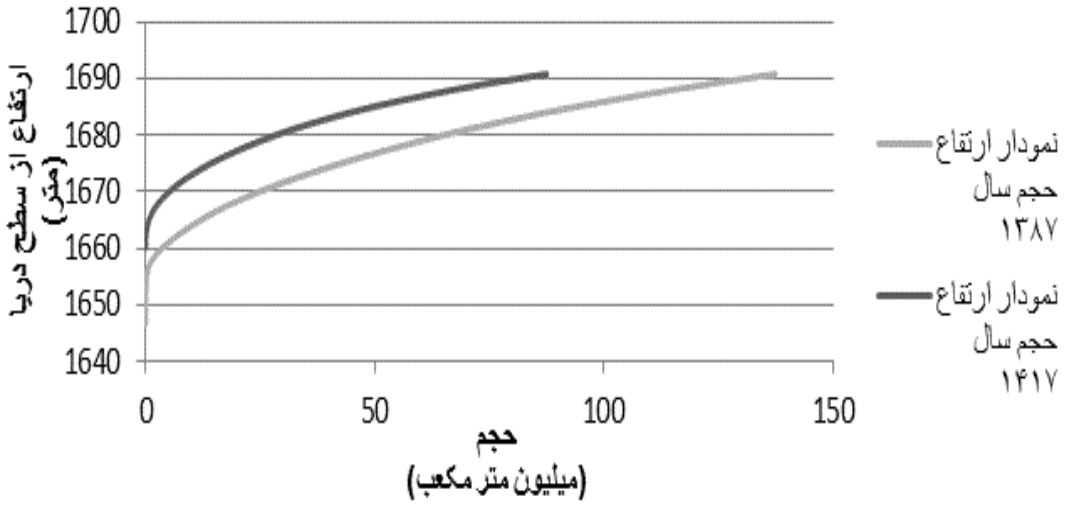
جدول ۴- محاسبات مربوط به توزیع رسوب ۳۰ ساله

www.SID.ir

Archive of SID

ارتفاع	مساحت	حجم	عمق نسبی	مساحت نسبی	سطح رسوب	حجم رسوب	حجم تجمعی	مساحت اصلاح شده	حجم اصلاح شده
m	m^2	MCM							
1690.74	8.53	137.44	1.00	0.000	0.000		49.91	8.53	87.53
1688	7.61	115.30	0.94	0.769	1.043	0.960	47.97	6.56	67.33
1684	6.19	87.78	0.85	1.049	1.423	1.387	42.95	4.77	44.83
1680	5.06	65.37	0.76	1.190	1.614	1.595	36.84	3.45	28.54
1676	4.22	46.87	0.66	1.259	1.708	1.700	30.17	2.51	16.70
1672	3.47	31.52	0.57	1.277	1.733	1.733	23.27	1.74	8.26
1668	2.68	19.17	0.48	1.253	1.700	1.706	16.39	0.98	2.78
1664	1.89	10.12	0.39	1.189	1.612	1.626	9.74	0.28	0.38
1660	1.33	3.60	0.30	1.082	1.325	1.418	3.60	0	0
1656	0.32	0.34	0.21	0.926	0.316	0.442	0.34	0	0
1652	0.03	0.03	0.12	0.699	0.026	0.0325	0.03	0	0
1648	0.0005	0.0002	0.03	0.314	0.0005	0.0007	0.0002	0	0
1646.81	0	0	0	0	0	0	0	0	0

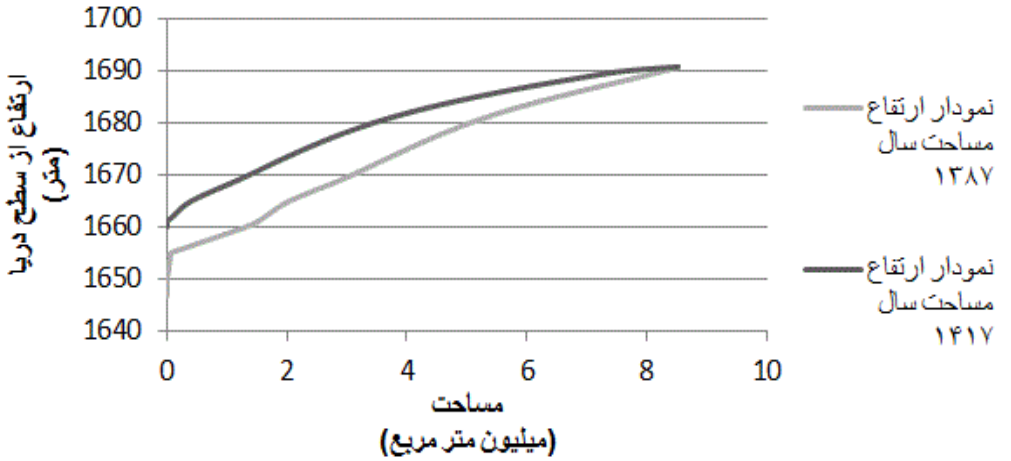
با توجه به محاسبات جدول (۴) نمودار حجم-ارتفاع و سطح-ارتفاع برای دوره ی ۳۰ ساله نیز در شکل های (۴) و (۵) رسم شده است.



شکل ۴- منحنی حجم- ارتفاع برای دوره ی ۳۰ ساله

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- منحنی سطح ارتفاع پس از دوره ۳۰ ساله

با به دست آوردن P0 و با استفاده از روش سعی و خطا، تابع بدون بعد p(h') را برای حجم رسوب های مختلف بدست آوردیم و به این نتیجه رسیدیم که پس از ۳۰ سال حجم رسوب به میزان حدود ۵۰ میلیون مترمکعب خواهد رسید و به تراز حداقل بهره برداری مخزن خواهد رسید و عملاً مخزن از بهره برداری خارج خواهد گشت.

خلاصه نتایج

مخزن سد بارون ماکو از تیپ II بوده یعنی دشت سیلابی با میزان رسوبگذاری نسبتاً زیاد می باشد.

با توجه روند و میزان رسوبگذاری سد بارون ماکو مشاهده می شود که مخزن سد پس از ۳۰ سال بهره برداری از آن امکان پذیر نخواهد بود زیرا رسوبات به تراز حداقل بهره برداری مخزن سد خواهد رسید و سد عملاً غیر قابل بهره برداری خواهد بود.

منابع

خودحال، ن. و غیاثی، ر.، (۱۳۸۸)، " مقایسه دقت روش های تجربی توزیع مکانی کاهش سطح، افزایش سطح و مثلثاتی جهت تخمین نحوه ته نشینی رسوبات در مخزن سدکرج (امیر کبیر) با استفاده از داده های رسوب سنجی، " دومین همایش ملی سد سازی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان، اسفند ماه ۱۳۸۸.

سازمان مدیریت منابع آب ایران،دفتر استاندارد مهندسی آب،(۱۳۹۱)، " تعیین حجم رسوبات و توزیع آن در مخازن "،نشریه شماره ۲۲۱،انتشارات مدیریت و برنامه ریزی کشور.

سازمان مدیریت منابع آب ایران،دفتر استاندارد مهندسی آب،(۱۳۹۱)، "راهنمای مطالعات رسوب گذاری و رسوب زدایی مخازن سد ها "،نشریه شماره ۵۸۹،انتشارات مدیریت و برنامه ریزی کشور.

کارگر، ا.و صدقی،ح،(۱۳۸۳) " معرفی و بررسی روشهای تخمینی رسوبگذاری در مخازن" ،اولین کنگره ملی مهندسی عمران،دانشگاه صنعتی شریف.

موسوی، س ف . و حیدر پور، م . وشعبانلو، س .، (۱۳۸۵)، "بررسی رسوب در مخزن سد زاینده رود با استفاده ازمدل های تجربی افزایش و کاهش سطح،" مجله آب و فاضلاب،شماره ۵۷. ۱۶فروردین، ۷۶-۸۲.

www.SID.ir

Archive of SID

Borland W.M., Miler C.L.,(1958), “Distribution of Sediment in Large Reservoirs”, ASCE,Journal of Hydraulic, Div.84(2).

Muller, G. and Boes, R., "Hybrid modeling of sediment management during drawdown of raterichsboden reservoir ",(2011), ISBN 978-0-415-68267-1.

www.SID.ir