

وزارت نیرو



مروری بر ضوابط و استانداردهای انتخاب سیلابهای طراحی سدها



مرداد ماه ۱۳۷۰

نشریه شماره ۹۴ - الف

پیش نویس استاندارد

مروری بر ضوابط و استانداردهای انتخاب

سیلابهای طراحی سدها

شماره استاندارد صنعت آب کشور ۹۴-الف مردادماه ۱۳۷۰

ترکیب اعضاء گروه کار:

اعضای گروه کاری به شرح زیر انتخاب و فعالیتهای خود را آغاز نمودند:

(فوق لیسانس مهندسی هیدرولیک)	آقای مصطفی بزرگزاده
(دکترای سیویل و علوم)	آقای حسین جلالی
(فوق لیسانس آبهای سطحی)	آقای عباسقلی جهانی
(دکترای هیدرولیک)	آقای چنگیز فولادی
(فوق لیسانس آبیاری و آبادانی)	آقای محمدصادق قطبی (دبیر کمیته)

پیشگفتار

استانداردها از ضروریات صنعت هستند. برای پیشرفت و ترقی در هر صنعت باید به تهیه استانداردهای لازم در آن صنعت توجه ویژه‌ای مبذول گردد. صنعت آب در اقتصاد کشور ما نقش کلیدی دارد و پیشبرد امور این صنعت حیاتی است، پس از اینرو استانداردهای مربوطه نه در روند کارهای جاری بلکه به صورت طرح تهیه می‌شوند و امور آب وزارت نیرو با توجه به مسئولیت خود در زمینه صنعت آب، انجام این مهم را به عهده گرفته است.

نظر به لزوم توافق کلیه بخشهای سهام در صنعت، استانداردها پس از بحث و بررسی با شرکت کارشناسان بخشهای مربوطه تدوین می‌گردند. از این رو مبنای تشکیلاتی «طرح تهیه استانداردهای صنعت آب کشور» کمیته‌های فنی است که با شرکت فعال کلیه بخشهای سهام در این صنعت تشکیل می‌گردد. اصلی‌ترین کمیته فنی طرح تحت عنوان کمیته مدیریت آب فعالیت دارد که تمامی فعالیتهای مربوط به تهیه استانداردهای صنعت آب کشور در دامنه کار آن پیش‌بینی شده است. البته این کمیته قسمتی از دامنه کار را رأساً و بخشی را که شامل بقیه اقدامات مدیریت آب در چهار جنبه کلی سدسازی، آبیاری و زهکشی، مهندسی رودخانه و کنترل سیلاب و آب و فاضلاب شهری است از طریق چهار کمیته اصلی در زمینه‌های مطالعات، طراحی، ساخت، بهره‌برداری و نگهداری از پروژه‌ها به انجام خواهد رساند. در این موارد کمیته مدیریت آب فقط وظیفه هماهنگی را به عهده داشته و ۱۸ کمیته فنی دیگر در ارائه خدمات کارشناسی تخصصی به چهار کمیته اصلی در تدوین استانداردها همکاری دارند.

برای جامعیت و مقبولیت بیشتر استانداردها و توجه به همه تجربه‌ها و نظرات فنی و علمی، پیش‌نویس استاندارد برای نظرخواهی منتشر شده و نظرات واصله پس از بررسی در کمیته فنی مربوطه در نسخه نهایی منظور خواهد شد.

اولین کنفرانس هیدرولوژی کشور که در سال ۱۳۶۸ برگزار گردید قطعنامه‌ای را منتشر ساخت که در یکی از مواد آن، مطالعه سیل‌خیزی مناطق کشور و همچنین تهیه و تدوین ضوابط و استانداردهای مربوط به سیلابهای طراحی سازه‌های آبی به ویژه سدهای مخزنی توصیه شده است. متعاقباً روش برخورد با این توصیه توسط دفتر برنامه‌ریزی و مطالعات منابع آب وزارت نیرو مورد بررسی قرار گرفت و نهایتاً بنا به پیشنهاد دفتر مزبور و تصویب معاونت محترم وقت وزیر نیرو در امور آب موضوع به طرح استانداردهای صنعت آب کشور ارجاع گردید. طرح استانداردها اقدام در زمینه مذکور را جزو برنامه خود قرارداد و برای این منظور یک گروه کاری را در اواخر سال ۱۳۶۸ سازماندهی نمود.

گروه کاری در بدو شروع فعالیتها و طی چندین جلسه در نشستهای خود روش کار و چگونگی پرداختن به موضوع را مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار داد و مآلاً تحقق توصیه قطعنامه را به دو اقدام زیر مرتبط دانست: الف - انجام مطالعات سیل خیزی در سطح کشور و طبقه‌بندی مناطق مشابه و تعیین فرمولهای منطقه‌ای و سایر اقدامات مورد نیاز.

ب - تهیه و تدوین و پیشنهاد استانداردهای مربوط به انتخاب سیلابهای طراحی سازه‌های آبی.

پس از بررسیهای لازم گروه کاری به این نتیجه رسید که پرداختن به بند الف فوق به لحاظ ابعاد عظیم مسئله و با عنایت به ضرورت در دسترس بودن امکانات مالی و نیروی انسانی قابل توجه که بسیار فراتر از امکانات موجود طرح استانداردهای صنعت آب می باشد عجزاً مقدور نبوده و در این خصوص بهتر است موضوع در قالب یک پروژه جداگانه با بودجه اختصاصی و برنامه زمانی مشخص مورد اقدام قرار گیرد. سوابق امر نشان می‌دهد که در سطح بین‌المللی نیز به همین روال عمل می‌شود و کشورهایی که به مطالعات سراسری و کشوری سیلابها مبادرت ورزیده‌اند، برنامه‌ریزی و سازماندهی جداگانه‌ای را مورد توجه قرار داده‌اند.^۱

در مورد بند ب نیز اگرچه گروه کاری، زمان و امکانات مورد نیاز و بطور کلی حجم کار لازم برای دستیابی به نوعی استاندارد و ضوابط قابل قبول و معتبر را کمتر از بند الف نمی‌داند، معهداً بررسی تجربیات موجود و مورد عمل در سایر کشورها را بعنوان مدخلی به موضوع تلقی نموده و بنابراین بعنوان نخستین گام، تهیه و تدوین گزارشی تحت عنوان «مروری به تجربیات بین‌المللی در بررسی و انتخاب سیلابهای طراحی» را سرلوحه اقدامات خود قرار دارد.

نشریه‌ای که اینکه در اختیار علاقه‌مندان صنعت آب کشور قرار می‌گیرد محصول یک سال تلاش اعضای گروه کاری محسوب می‌شود (کلیه اعضا به صورت پاره وقت در این فعالیت مشارکت داشته‌اند) که خوشبختانه مطابق با برنامه زمانی تنظیم و پیش‌بینی شده انتشار می‌یابد.

یادآوری می‌شود که در تهیه این گزارش یک نوع تقسیم کار بین اعضای گروه صورت گرفته است بدین ترتیب که پیشگفتار و بخش روشهای مطالعه سیلابها و ویرایش مقدماتی نشریه توسط آقای عباسقلی جهانی، بخش مهم و بدنه اصلی گزارش یعنی تجربیات کشورهای مختلف در بررسی و انتخاب سیلابهای طراحی و همچنین هماهنگی کلیه بخشهای نشریه توسط آقای مصطفی بزرگ‌زاده، تهیه و تدوین بخش شکست سد توسط آقای چنگیز فولادی و نهایتاً تهیه و تدوین بخش بررسی سیلابهای تاریخی و نقش آن در برآورد سیلاب طراحی توسط

۱- برای مثال کشور انگلستان را می‌توان نام برد که نتایج کار روی این موضوع به تهیه پنج جلد گزارش تحت عنوان «گزارش مطالعات سیلاب» (Flood Studies Report) منجر گردیده و هنوز به طور مستمر مورد تجدید قرار می‌گیرد و هزار چند گاه موارد تجدید نظر شده به صورت جزوه‌ای انتشار می‌یابد.

آقای حسین جلالی انجام پذیرفته است. آقای مهندس قطبی نیز به عنوان دبیرگروه در ایجاد هماهنگی و انعقاد جلسات و راه‌اندازی فعالیتهای گروه و نهایتاً انتشار این نشریه کمکهای ارزنده‌ای را معمول داشته‌اند.

امید است که کارشناسان و صاحب‌نظرانی که فعالیت آنها با این رشته از صنعت آب مرتبط می‌باشد، با توجهی که مبذول می‌فرمایند این پیش‌نویس را مورد بررسی دقیق قرار داده و با ارائه نظرات و راهنماییهای ارزنده خود کمیته فنی شماره ۳-۳ را تنظیم و تدوین متن یاری و راهنمایی فرمایند.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	۱- مقدمه
۱	۱-۱ هدف
۱	۲-۱ حدود و دامنه کار
۲	۳-۱ تعاریف و اصطلاحات فنی
۲	۴-۱ منابع و مآخذ
۳	فصل دوم: روشهای محاسبه سیلابها.
۳	۱-۲ کلیات:
۳	۲-۲ تجزیه و تحلیل فراوانی:
۵	۳-۲ برآورد سیل حداکثر محتمل (P.M.F):
۷	۴-۲ تجزیه و تحلیل منطقه‌ای طغیانها:
۷	۱-۴-۲ روش تابع توزیع منطقه‌ای:
۸	۲-۴-۲ روش همبستگی چند متغیره
۱۰	۳-۴-۲ روش شبکه بندی (Square – Grid Method)
۱۰	۵-۲ روابط تجربی
۱۱	۶-۲ هیدروگراف سیلابها :
۱۲	۶-۲ هیدروگراف سیلابها :
۱۲	۷-۲ خلاصه نتیجه‌گیری
۱۴	۸-۲ احتمال خطر و روش محاسبه آن
۱۴	۱-۸-۲ کلیات
۱۴	۲-۸-۲ روش محاسبه میزان خطر
۱۶	فصل سوم - بررسی سیلابهای تاریخی
۱۶	۳- مقدمه :
۱۶	۲-۳ نقش سیلابهای تاریخی در انتخاب سیلاب طراحی
۱۷	۳-۳ نگرشی به سیلابهای تاریخی:
۲۰	۴-۳ اثر سیلاب تاریخی بر برآورد سیلابها
۴۲	فصل چهارم - شکست سد
۴۲	۱-۴ مقدمه
۴۳	۲-۴ تحلیل خطر شکست سد (Dam Breach Hazard Analysis)
۴۳	۱-۲-۴ تحلیل حساسیت شکست سد

۴۵	۲-۲-۴ پخش سیلاب در دره پایین دست سد
۴۶	۱-۲-۲-۴ روش خصوصیات (Characteristics Method)
۴۶	۲-۲-۲-۴ روشهای مستقیم (Direct Methods)
۴۶	۳-۲-۲-۴ روشهای اجزای محدود (Finite Element Methods)
۴۶	۳-۲-۴ شرایط محلی پایین دست
۴۷	۴-۲-۴ ارزیابی خسارات بالقوه و تحلیل ریسک
۴۷	۵-۲-۴ نتایج تحلیل شکست سد
۴۹	۳-۴ فهرست مآخذ:
۵۰	فصل پنجم - مروری بر ضوابط و استانداردهای انتخاب سیلابهای طراحی سدها
۵۱	۱-۵ مقدمه
۵۲	۲-۵ کلیات
۵۴	۳-۵ ضوابط و معیارهای انتخاب سیلاب طراحی
۵۴	۱-۳-۵ سوئیس
۵۴	۲-۳-۵ نروژ
۵۵	۳-۳-۵ هلند
۵۵	۴-۳-۵ فرانسه
۵۵	۵-۳-۵ بلژیک، آلمان غربی، پرتغال
۵۶	۶-۳-۵ اسپانیا
۵۶	۷-۳-۵ سوئد
۵۶	۸-۳-۵ اتریش
۵۶	۹-۳-۵ فنلاند
۵۶	۱۰-۳-۵ انگلستان
۵۸	۱۱-۳-۵ چکسلواکی
۵۸	۱۲-۳-۵ رومانی
۶۰	۱۳-۳-۵ شوروی
۶۰	۱۴-۳-۵ بلغارستان
۶۰	۱۵-۳-۵ لهستان
۶۱	۱۶-۳-۵ ایالات متحده آمریکا
۶۳	۱۷-۳-۵ مکزیک
۶۳	۱۸-۳-۵ کانادا
۶۴	۱۹-۳-۵ مصر
۶۵	۲۰-۳-۵ آفریقای جنوبی

۶۶	۲۱-۳-۵	زیمبابوه
۶۷	۲۲-۳-۵	ژاپن
۶۸	۲۳-۳-۵	هندوستان
۶۸	۲۴-۳-۵	استرالیا
۷۰	۲۵-۳-۵	چین
۷۲	۴-۵	نتایج و بحث‌های کلی
۸۰	۵-۵	فهرست مراجع:

۱- مقدمه

۱-۱ هدف

منظور از تهیه این نشریه، ارائه یک گزارش مقدماتی از فعالیتهای یکساله گروه کاری سیلابهای طراحی و همچنین ایجاد زمینه‌ای برای دریافت نظرات و پیشنهادات کارشناسان و دست‌اندرکاران ذیربط می‌باشد. انتظار می‌رود با اخذ نظرات و انجام مباحثات پیرامون مطالب مطروحه در این نشریه، شرایط لازم برای تدوین و ارائه «راهنمای انتخاب سیلاب طراحی سدهای ایران» فراهم آید.

۱-۲ حدود و دامنه کار

مطالب منعکس در این نشریه به شرح زیر تنظیم شده است:

- روشهای محاسبه سیلابها - در این فصل ضمن مروری بر روشهای رایج در محاسبه سیلابها، مفهوم ریسکها خطرپذیری به طور اعم و نیز کاربرد آن در عرصه تصمیم‌گیریهای هیدرولوژیکی به اختصار مطرح می‌گردد.
- بررسی سیلابهای تاریخی - این فصل را می‌توان مکمل مباحث مطروحه در فصل فوق، به شمار آورد که ضمن اشاره به اهمیت و ارزش داده‌های تاریخی سیلابها، فهرستی از سیلابهای تاریخی ایران و نیز مثالی از نحوه استفاده از اینگونه اطلاعات و تلفیق آن با داده‌های سیستماتیک آب‌سنجی را ارائه می‌دهد.
- شکست سد - پدیده شکست سد به عنوان یکی از مهمترین رخدادهایی که در هنگام طراحی و بهره‌برداری از سدها بایستی مورد توجه قرار گیرد، در فصل چهارم مورد بحث قرار می‌گیرد. مطالب حتی‌المقدور به اختصار و فهرست وار مطرح شده تا ضمن اشاره به اهم موارد، زمینه‌های لازم برای بحثهای تفصیلی و مبسوط آتی ایجاد گردد.
- مروری بر ضوابط و استانداردهای انتخاب سیلاب طراحی سدها - در این فصل روش برخورد ملل مختلف با امر انتخاب سیلاب طراحی سدها به اختصار ارائه می‌شود و بدین طریق انواع پارامترها و عوامل ذیمدخل و دامنه عمومی کار در سطح بین‌المللی مشخص می‌گردد.

همانطور که اشاره شد هیچ یک از فصول فوق‌الذکر تفصیلی و مبسوط نمی‌باشد زیرا فرض بر آن بوده است که تهیه و ارائه مطالبی اجمالی اولاً روش برخورد گروه کاری به موضوع را روشن ساخته و ثانیاً عرصه‌های مشخصی را برای تبادل نظر حرفه‌ای و دریافت نظرات و پیشنهادات کارشناسان و دست‌اندرکاران حرفه مهندسی منابع آب و سدسازی گشوده و از این رو در این مرحله از فعالیت گروه کاری، کافی به مقصود است. مرحله بعدی کار مشتمل بر رفع نقائص و کمبودها، تدقیق مطالب، تطبیق اصول و ضوابط بین‌المللی با شرایط و ویژگیهای کشور و بالاخره تنظیم و تدوین «پیش‌نویس راهنمای انتخاب سیلاب طراحی سدهای ایران» خواهد بود.

۳-۱ تعاریف و اصطلاحات فنی

تعاریف و اصطلاحات مربوط به مطالب هر فصل عنداللزوم در متن همان فصل آمده و هر جا واژه‌های فارسی معادل، متداول و جا افتاده به نظر نرسید، اصل واژه به انگلیسی در پانویس درج شده است. بدین ترتیب تعریف فی‌المثل سیلاب تاریخی، ریسک، سیلاب طراحی و در فصول مربوطه آمده است.

۴-۱ منابع و مأخذ

بجز چند مورد، کلیه منابع و مأخذ مورد استفاده در تهیه این نشریه به زبان انگلیسی بوده و فهرستی از عناوین و مشخصات آنها به تفکیک در پانویس صفحات و یا در انتهای هر فصل آمده است.

فصل دوم : روشهای محاسبه سیلابها.

۱-۲ کلیات:

به منظور به کارگیری استانداردهای پیشنهادی برای انتخاب سیلابهای طراحی، در دست داشتن مقادیر سیلابها از دوره برگشت حداقل ۵۰ سال تا حداکثر فیزیکی آن مورد نیاز می باشد، البته فقط محاسبه حداکثر لحظه ای سیل برای هدف مورد نظر کافی نیست زیرا شکل و حجم هیدروگراف نظیر نیز نقش بسیار مهمی در تعیین ظرفیت سرریزها و نهایتاً انتخاب سیل طراحی به عهده دارد.

در شرایطی که ظرفیت ذخیره سد بسیار کوچک بوده و استهلاك سیل ناچیز باشد تنها محاسبه و برآورد دبی حداکثر لحظه ای کفایت می نماید. بنابراین روشهای محاسبه سیلابها به دو دسته اصلی تقسیم می شوند:

- الف- روشهایی که طی آنها علاوه بر دبی حداکثر لحظه ای، هیدروگراف نظیر نیز محاسبه و استخراج می شود.
- ب- روشهایی که فقط حداکثر لحظه ای سیل را برآورد می نمایند.

به طور کلی روشهای مختلف محاسبه و برآورد سیلابها را می توان در چهار گروه زیر خلاصه نمود:

- تجزیه و تحلیل فراوانی طغیانهای مشاهده و ثبت شده و یا مقادیر بارندگیها و تعیین رابطه ای بین بارندگی و جریان سطحی.
- برآورد حداکثر بارندگی محتمل به روشهای هیدرومتئورولوژی و استخراج حداکثر سیلاب محتمل.
- تحلیل منطقه ای طغیانها
- روابط تجربی

۲-۲ تجزیه و تحلیل فراوانی:

تجزیه و تحلیل فراوانی طغیانها یکی از روشهای مناسب برای برآورد مقادیر سیلاب محسوب می شود. در صورتی که بتوان قانون یا توزیع مناسبی را برای داده های مشاهداتی به دست آورد، محاسبه مقدار سیل به ازای احتمالات و یا دوره های برگشت مختلف امکان پذیر می شود.

متأسفانه طول دوره آماری اکثر ایستگاههای آب سنجی کوتاه می باشد. به طور مثال استفاده از آمار با طول ۲۵ سال برای محاسبه سیل با دوره برگشت ۵۰۰ سال نتیجه رضایت بخشی را ارائه نمی دهد. البته آمار طولانی در یک ایستگاه نیز ممکن است متأثر از تغییرات در رژیم هیدرولوژیکی رودخانه به لحاظ فعالیت های انسانی در حوزه

آبریز باشد. به هر حال برای گسترش و امتداد دادن منحنی‌های نظری و محاسبه دبی‌های حداکثر لحظه‌ای فراتر از میدان تغییرات مشاهدات و تعیین حدود اطمینان آنها روشها و تکنیکهای مختلفی به کار گرفته می‌شود. این روشها دارای طیف وسیعی بوده و شامل استفاده از آمار ریاضی تا روشهای مربوط به ایجاد همبستگی با سایر ایستگاههای با آمار طولانی و یا پارامترهای اقلیمی حوزه‌های مشابه و بهره‌گیری از روابط بین بارندگی و جریان سطحی می‌گردد.

مراحل مختلف تجزیه و تحلیل فراوانی به شرح زیر است:

۱- تعیین یک قانون احتمالی مناسب برای تطبیق با توزیع تجربی داده‌ها: قوانین احتمالی که برای این منظور به کار می‌رود معمولاً شامل قوانین نرمال، لوگ نرمال، لوگ نرمال سه پارامتری، توزیع مقادیر فوق العاده (سه تپ)، پیرسون و لوگ پیرسون تپ ۳، وایبل و چند قانون دیگر است که در بررسی طغیانها عمدتاً از قوانین لوگ نرمال سه پارامتری، لوگ پیرسون تپ ۳ و توزیع فوق‌العاده استفاده می‌شود. از بین این قوانین، قانونی که تا حدی مقبولیت بین‌المللی پیدا نموده قانون لوگ پیرسون تپ ۳ می‌باشد. در کاربرد این قوانین تعیین پارامترهای قانون از اهمیت زیادی برخوردار است و معمولاً دو روش محتمل‌ترین حداکثر و گشتاورها برای همین منظور در نظر گرفته می‌شود. در این زمینه مدل‌های محاسباتی و برنامه‌های کامپیوتری متعددی توسعه یافته است، این برنامه‌ها در جریان اجرا تطابق کلیه قوانین را با توزیع تجربی داده‌ها مورد آزمون قرار داده و پس از انجام مقایسه‌های لازم مناسبترین قانون را انتخاب می‌نمایند. همچنین حدود اطمینان برآوردها نیز به صورت باندهایی به ازای احتمالات مشخص تعیین و ارائه می‌گردد.

۲- انتقال نتایج به محل مورد نظر: غالباً نقاط انتخابی برای پروژه‌های مورد نظر با محل ایستگاههای هیدرومتری که دارای آمار طولانی مدت باشند منطبق نیست بنابراین بایستی نتایج کاربرد روشهای تحلیل فراوانی به محل پروژه‌ها انتقال یابند. در این مورد روشها و دستورالعملهای زیادی وجود دارد که بایستی هر مهندس هیدرولوگ با شناخت آنها و با بهره‌گیری از مجموعه تجربیات مهندسی خود بتواند مناسبترین حالت را انتخاب و مورد استفاده قرار دهد. مهذا به بعضی از عناوین عمومی‌ترین روشها ذیلاً اشاره می‌شود:

- انتقال نتایج یک ایستگاه هیدرومتری که در بالا دست یا پایین دست محل پروژه قرار دارد به نسبت سطح حوزه در نقطه مورد نظر و محل ایستگاه.

- بهره‌گیری از روشهای تحلیل منطقه‌ای طغیانها که متعاقباً ذکر خواهد شد.

- برقراری یا ایجاد رابطه همبستگی بین آمار یک ایستگاه کوتاه مدت که در نزدیکی محل مورد نظر قرار دارد با ایستگاه هیدرومتری با آمار طولانی.

۳- در بسیاری از حوزه‌های آبریز معمولاً آمار بارندگی بیشتر و طولانیتر از آمار آبدهی رودخانه‌ها می‌باشد. بنابراین یکی از روشهای برآورد سیلاب مبتنی بر تحلیل فراوانی بارندگیها و سپس تبدیل نتایج به دبی‌های نظیر می‌باشد. به منظور دستیابی به نتایج در این مورد سه مرحله محاسباتی زیر مورد نیاز است:

الف- آمار و اطلاعات مربوط به بارندگی به ویژه رگبارهای مهم جمع‌آوری و مورد تجزیه و تحلیل فراوانی قرار می‌گیرد به طوری که بتوان مقدار متوسط شدتهای حداکثر را با دوره‌های برگشت مختلف بر روی حوزه آبریز محل پروژه مورد نظر به دست آورد. معمولاً نتایج این تجزیه و تحلیل به ترسیم رابطه شدت - مدت - دوره برگشت معرف حوزه آبریز منجر می‌شود.

ب- در این مرحله مقادیر بارندگی به دبی‌های نظیر تبدیل می‌شوند. قدمهای اساسی در این مرحله عبارت‌اند از: انتخاب مدت دوام بحرانی بارندگیها، تعیین توزیع زمانی مناسب برای بارندگی انتخاب شده، انتخاب فرضیات مناسب برای تلفات بارندگی در حوزه و شرایط رطوبتی حوزه قبل از وقوع بارندگی. در این زمینه طیف بسیار وسیعی از روشها مورد توجه و عمل قرار می‌گیرد. روش هیدروگراف واحد (هیدروگراف واحد به دست آمده از سیلابهای مشاهده شده، هیدروگراف واحد ساختگی، هیدروگراف واحد لحظه‌ای)، مدل‌های ریاضی نظیر استانفورد «SCS, HEC, NASH» و غیره می‌باشد.

لازم به تذکر است که در بعضی مواقع به دلیل فقدان اطلاعات محلی درباره رگبارها، مقادیر سیلابها از طریق انتقال رگبارهای با دوره‌های برگشت مختلف به داخل حوزه آبریز مورد نظر محاسبه می‌شود. همچنین مناسبترین راه‌حل در صورت فقدان اطلاعات محلی رگبارها، انتقال روابط مقدار-مساحت-مدت دوام بارندگی (D.A.D) مناطق دیگر به داخل حوزه‌های آبریز مورد نظر می‌باشد.

۲-۳ برآورد سیل حداکثر محتمل (P.M.F):

نتایج حاصل از روش تجزیه و تحلیل فراوانی سیلابها دارای دو نقص عمده می‌باشد:

- غالباً آمار و اطلاعات موجود سیلابها کوتاه مدت بوده و گسترش و امتداد منحنی‌های فراوانی را طلب می‌نماید.
- سیلابهای محاسبه شده از طریق منحنی‌های فراوانی، امکان‌پذیری وقوع آنها را از دیدگاه متورولوژیکی مشخص نمی‌نماید.

بنابراین برای طراحی سازه‌های بزرگ آبی بایستی مطالعات هیدرومتورولوژیکی انجام پذیرد که طی آن عوامل مهم در ایجاد سیلابهای بزرگ شامل رگبارها و ذوب برف و حداکثر نمودن آنها تا حد شرایط فیزیکی^۲ مورد توجه قرار می‌گیرد، سپس با در نظر گرفتن تجربیات و روشهای قابل قبول متورولوژیکی و هیدرولیکی مقادیر حداکثر بارندگی محتمل به مقادیر نظیر سیلاب تبدیل می‌شود.

با عنایت به توضیحات بالا مشخص می‌گردد که تعیین سیل حداکثر محتمل مبتنی بر مطالعه پتانسیل رگبارها، پتانسیل جریانهای سطحی و نهایتاً توزیع زمانی جریان و با توجه به مشخصات فیزیکی حوزه‌های آبریز می‌باشد.

- 1- Critical Duration
2. maximization

به طور کلی مراحل مختلف محاسبه P.M.F به شرح زیر می‌باشد:

الف - تعیین رگبار حداکثر محتمل (P.M.P): این رگبار که برآوردی از مقدار بارندگی در سطح حوزه را با در نظر گرفتن حد بالای تواناییهای فیزیکی بارانهای حوزه ارائه می‌دهد، براساس بررسی رگبارهای بزرگی که قبلاً وقوع یافته و حداکثر نمودن آنها با توجه به شرایط متئورولوژیکی محاسبه می‌شود. این نوع بررسی را محاسبه سینوپتیکی مقدار P.M.P می‌گویند.

رگبار مورد نظر برای حداکثر نمودن باید طوری انتخاب شود که معرف توزیع مناسب زمانی و مکانی باشد و همچنین بتوان از آن در تجزیه و تحلیل هیدروگرافها و برآورد پتانسیل تلفات استفاده نمود. در این رابطه معمولاً قدمهای محاسباتی زیر برداشته می‌شود:

- تهیه منحنی‌های مقدار بارندگی - سطح - مدت (D.A.D) رگبارهای مهم وقوع یافته در سطح حوزه.
- تعدیل این روابط از طریق حداکثر نمودن رطوبت موجود در رگبارها و شدت رطوبت ورودی به سیستمهای باران‌زا.

- تهیه منحنی‌های پوش روابط به منظور تهیه D.A.D مربوط به مقادیر مختلف P.M.S به طوری که قبلاً نیز اشاره شده، در بعضی شرایط به علت فقدان اطلاعات، انتقال رگبارها به محدوده مورد مطالعه ضرورت می‌یابد که در این صورت رگبارهای انتقالی بایستی از نظر متوسط ارتفاع، عرض جغرافیایی و فاصله حوزه از منبع رطوبتی تبدیل شود.

در مناطق متعددی ذوب برف نیز در ایجاد طغیانها نقش مهمی دارد (در بعضی موارد حتی نقش اول با ذوب برف است) در چنین شرایطی بایستی مؤلفه ذوب برف نیز تعیین و منظور گردد.

ب - تبدیل P.M.S به P.M.F:

این تبدیل با بهره گیری از روشهای هیدرولوژیکی صورت می‌گیرد. تعیین روابط بارندگی - جریان، هیدروگراف واحد و تکنیکهای شبیه‌سازی از جمله موارد قابل ذکر در این زمینه می‌باشند. در جریان این تبدیل مهندس هیدرولوگ ناچار است فرضیات و پارامترهای عددی مختلفی را انتخاب و مورد عمل قرار دهد. شناخت دقیق خصوصیات منطقه از دیدگاههای هیدرومتئورولوژیکی و فیزیکی و استفاده از تجربیات مختلف، می‌تواند در برآورد دقیق P.M.F نقش سازنده و بلا منازع داشته باشد.

پس از تبدیل P.M.S به P.M.F سهم ذوب برف نیز به آن اضافه شده و نهایتاً دبی حداکثر لحظه‌ای و هیدروگراف مربوطه محاسبه می‌گردد.

برای محاسبه مقدار P.M.P در شرایط فقدان اطلاعات کافی درخصوص رگبارها و بارندگیهای کوتاهتر از ۲۴ ساعت می‌توان از روش پیشنهادی آقای هرشفیلد استفاده نمود. در این روش که به روش آماری و محاسبه P.M.P معروف است مقدار حداکثر بارندگی محتمل ۲۴ ساعته نقطه‌ای از فرمول زیر برآورد می‌گردد:

$$P.M.P_{24} = P + K S_n$$

که در آن $P.M.P_{24}$ عبارت است از مقدار حداکثر بارندگی محتمل ۲۴ ساعته،
 P مقدار متوسط حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته در طول دوره آماری،
 S_n انحراف معیار سری زمانی حداکثر بارندگیهای ۲۴ ساعته،
 K ضریبی است که معمولاً مساوی با ۱۵ می‌باشد ولی حداکثر به ۳۰ نیز می‌رسد (WMO, 1983)^۱
 همچنین تبدیلهای لازم از نظر طول آمار و تبدیل نتایج به مقدار منطقه‌ای توسط آقای هرشفیلد انجام و ضرایب مربوطه پیشنهاد شده است (WMO, 1973)^۲

۲-۴ تجزیه و تحلیل منطقه‌ای طغیانها:

در غالب مواقع معمولاً محل پروژه‌های انتخابی بر محل ایستگاههای هیدرومتری منطبق نیست و یا اینکه آمار موجود در ایستگاههای حوزه کوتاه مدت بوده و از این رو برای تحلیل سیلابها سری زمانی مناسبی را تشکیل نمی‌دهند. در این شرایط برای تعیین مقادیر سیلاب از روشهای تحلیل منطقه‌ای سیلابها استفاده می‌شود. این روشها عبارتند از (Kite, 1977):^۳

- روش تابع توزیع منطقه‌ای.
 - روش همبستگی چند متغیره.
 - روش شبکه‌بندی (SquareGrid Method)
- ذیلاً درباره هر یک از روشهای مذکور توضیحات مختصری ارائه می‌شود:

۲-۴-۱ روش تابع توزیع منطقه‌ای:

در این روش یک منحنی فراوانی که معرف منطقه همگن هیدرولوژیکی می‌باشد تهیه می‌شود. $\frac{Q}{Q}$ را برحسب دوره‌های برگشت مختلف (T) ارائه می‌دهد. در اجرای این روش ابتدا کلیه آمار سیلابهای منطقه جمع‌آوری شده و آمار ایستگاههایی که به علت تنظیم آبدهی رودخانه از رژیم طبیعی خود خارج شده و همچنین آمار ایستگاههایی که بسیار کوتاه مدت هستند به کنار گذاشته می‌شود.

1- WMO, NO. 168 (1983) : " Guide to Hydrological Practices "
 2- WMO , NO 332 (1973) : " Manual for Estimation of PMP "
 3- Kite , G.W. (1977) : " Frequency & Risk Analysis in Hydrology. "

سپس کلیه سری‌های زمانی با قوانین احتمالات مناسب تطبیق داده شده و مناسبترین قانون برای منطقه انتخاب می‌شود.

در مرحله بعدی نسبت دبی حداکثر لحظه‌ای به ازای دوره‌های برگشت مشخص به دبی متوسط حداکثر لحظه‌ای محاسبه و عدد میانه ایستگاهها به ازای هر دوره برگشت مشخص (T) تعیین و نهایتاً با استفاده از مقادیر میانه به دست آمده یک منحنی فراوانی منطقه‌ای ترسیم می‌شود.

نمودار شماره ۲-۱ مراحل مختلف تهیه منحنی فراوانی منطقه‌ای را نشان می‌دهد. (Viessman, 1977)^۱ برای تکمیل این روش و آماده‌سازی آن برای به کارگیری لازم است رابطه‌ای بین مقادیر متوسط سیلاب و یک یا تعدادی از مشخصات فیزیکی حوزه‌ها تعیین شود. معمولاً پارامتر انتخابی از میان خصوصیات فیزیکی حوزه برای این منظور مساحت حوزه آبریز می‌باشد.

با تلفیق منحنی فراوانی منطقه‌ای سیلاب و رابطه دبی متوسط سیلاب با سطح حوزه، محاسبه و برآورد مقادیر سیلاب در هر نقطه‌ای از منطقه مورد نظر امکان پذیر می‌شود.

۲-۴-۲ روش همبستگی چند متغیره

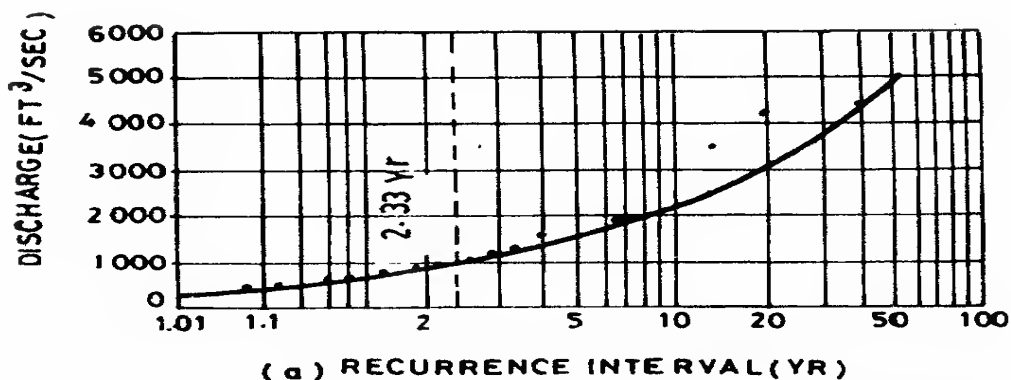
در این روش سعی می‌شود یک رابطه همبستگی بین خصوصیات فیزیکی حوزه و یا متغیرهای هیدرومتئولوژیکی و دبی حداکثر لحظه‌ای برای یک دوره برگشت مشخص در یک منطقه همگن هیدرولوژیکی تعیین شود. این رابطه عموماً به صورت زیر بیان می‌شود: $Q_T = F(A^a, B^b, C^c, \dots)$ در این رابطه: Q_T عبارت است از مقدار دبی حداکثر لحظه‌ای برای دوره برگشت T سال.

C, B, A متغیرهای مستقل مدل هستند. این متغیرها می‌توانند مشخصات فیزیوگرافی حوزه مانند مساحت، ارتفاع متوسط، شیب حوزه، شیب یا طول رودخانه اصلی، دانسیته رودخانه‌ای، درصد سطحی از حوزه که تحت پوشش مناطق مردابی، دریاچه، جنگل و یا اراضی شهری قرار دارد و یا متغیرهای هیدرومتئولوژیکی مانند بارندگی متوسط سالانه، درجه حرارت و یا رطوبت نسبی و غیره باشد.

مقادیر c, b, a اعداد ثابتی هستند که در جریان محاسبات تعیین می‌گردند.

باید اضافه نمود که در این روش c, b, a برای دوره‌های برگشت مختلف مقادیر متفاوتی خواهد بود.

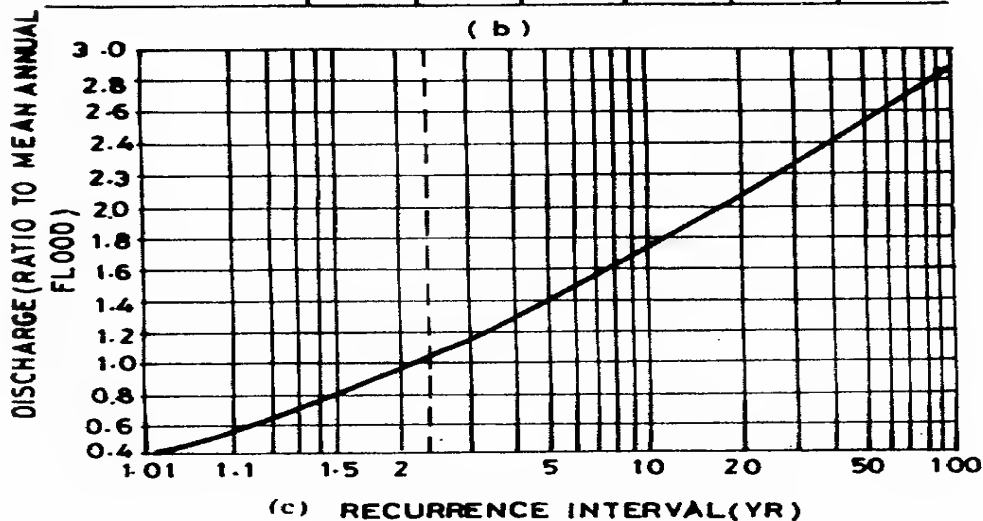
1-Vissman, W., 1977 : " Introduction to Hydrology. "



(a) RECURRENCE INTERVAL (YR)

STATION	RECURRENCE INTERVALS (YR)					
	1.1	1.5	5	10	20	50
1	0.49	0.76	1.46	1.93	2.55	3.03
2	0.57	0.78	1.36	1.74	2.18	2.73
3	0.54	0.77	1.32	1.65	1.77	2.09
4	0.57	0.80	1.33	1.62	1.94	2.48
5	0.56	0.79	1.34	1.63	1.91	2.52
6	0.49	0.72	1.37	1.65	1.93	2.52
7	0.50	0.75	1.36	1.70	2.08	2.57
8	0.48	0.76	1.39	1.76	2.21	3.02
9	0.59	0.89	1.37	1.80	2.38	3.00
10	0.62	0.81	1.39	1.77	2.28	2.92
11	0.58	0.78	1.32	1.67	2.10	2.90
12	0.63	0.80	1.30	1.80	2.39	2.91
13	0.47	0.74	1.47	1.13	3.02	4.97
14	0.46	0.76	1.35	1.64	1.91	2.25
15	0.54	0.75	1.35	1.73	2.22	2.50
MADIAN	0.54	0.78	1.36	1.73	2.18	2.80

(b)



(c) RECURRENCE INTERVAL (YR)

نمودار ۱-۲: تحلیل منطقه‌ای سیلابها

a- منحنی فراوانی برای یک دستگاه

b- جدول تعیین عدد میانه برای منحنی فراوانی منطقه‌ای

c- رابطه منحنی فراوانی منطقه سیلاب

مأخذ نمودار: (Viessman, 1977)

۲-۴-۳ روش شبکه بندی (Square – Grid Method)

این روش یک روش کاملاً کامپیوتری در تحلیل منطقه‌ای طغیانها محسوب می‌شود. در این روش منطقه مورد مطالعه به شبکه‌های یکنواخت تقسیم بندی می‌شود.

هر شبکه مربعی برحسب دستگاه مختصات دکارتی بیان شده و با پارامترهایی نظیر ارتفاع متوسط، درصد سطوح مردابی، دریاچه‌ای، جنگلی، شهری، کشاورزی و غیره مشخص می‌گردد. در شبکه‌هایی که ایستگاه هیدرومتری یا هواشناسی قرار دارد مقادیر پارامترهایی نظیر مقدار جریان سطحی، بارندگی درجه حرارت و غیره استخراج و تعیین می‌شود. با مشخص شدن این مقادیر و با به کارگیری یک سلسله روابط ریاضی، تولید مقدار جریان برای نقاطی که اندازه‌گیری مستقیم دبی در آنها وجود ندارد، امکان پذیر می‌شود.

۲-۵ روابط تجربی

تعداد زیادی روابط تجربی برای محاسبه سیلابها پیشنهاد شده است و در حقیقت می‌توان گفت که استفاده از روابط تجربی، خود نوعی تحلیل منطقه‌ای محسوب می‌گردد. البته کارکرد این روابط فقط در مناطقی که به دست آمده‌اند دارای دقت کافی خواهد بود.

به لحاظ اینکه سطح حوزه آبریز در مقادیر سیلابها نقش عمده و اساسی دارد از این جهت طبیعی است که در فرمولهای تجربی این پارامتر به عنوان اصلی‌ترین عامل وارد شود. قدیمی‌ترین فرمول تجربی که در آن مقدار سطح حوزه با توان یک وارد شده فرمول معروف رانسیونال و یا فرمول (Lloyd – Davies) است که به صورت زیر بیان می‌شود:

$Q = CiA$ در این رابطه i شدت باران، C ضریب فرمول و A سطح حوزه آبریز است. هر چند که از پیشنهاد این فرمول بیش از ۱۰۰ سال می‌گذرد ولی هنوز هم مورد استفاده قرار می‌گیرد. شاید معروفترین رابطه تجربی پس از فرمول فوق، رابطه معروف کریگر باشد که بر مبنای ترسیم منحنی بوش برای دبی ویژه بزرگترین سیلابهای مشاهده شده پیشنهاد گردیده است. این فرمول به صورت زیر بیان می‌شود:

$$q = 46 CA^{(0.7894A^{-0.48} - 1)}$$

در این رابطه:

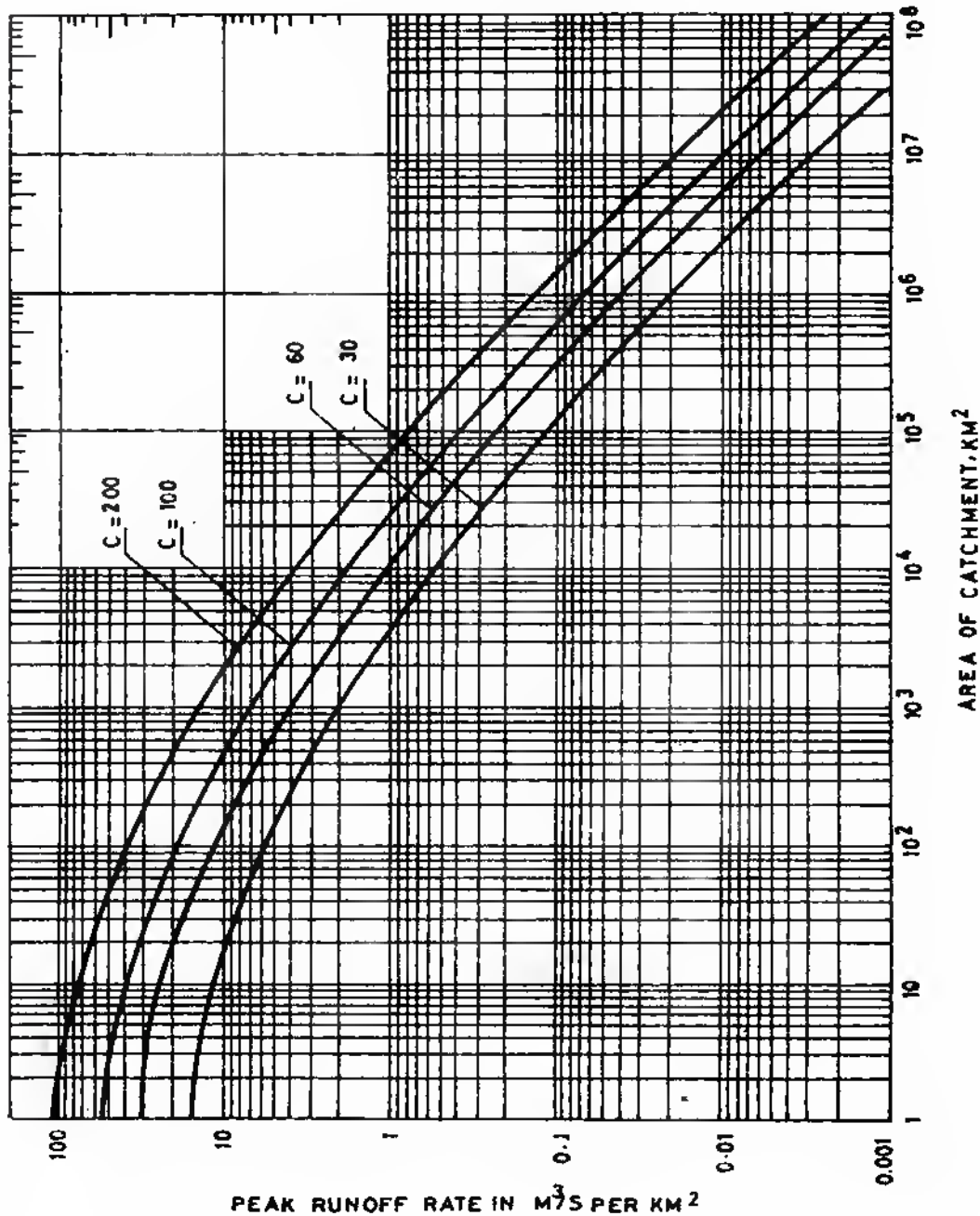
q آبدهی ویژه برحسب فوت مکعب در ثانیه در مایل مربع

A سطح حوزه آبریز برحسب مایل مربع

C ضریبی است که مقدار ۲۰۰ آن منحنی پوش سیلابهای بزرگ مشاهده شده در سطح دنیا و ۱۰۰ آن منحنی پوش اکثر سیلابهای مشاهده شده در ایالات متحده آمریکا و قسمت اعظم سیلابهای ثبت شده در سطح دنیا را در بر می‌گیرد.

رابطه کریگر ضرایب ۳۰، ۶۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ در نمودار ۲-۲ نشان داده شده است.

روابط و روشهای تجربی متعددی مشابه آنچه که گفته شد توسعه یافته و در مهندسی هیدرولوژی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از این روابط می‌توان به روشهای (Gray, SCS, Chow, Cook) اشاره نمود که عمدتاً برای محاسبه سیلابهای حداکثر حوزه‌های آبریز کوچک به کار گرفته می‌شوند.



نمودار ۲-۲ رابطه کریگر برای مقادیر مختلف ضرایب C

۲-۶ هیدروگراف سیلابها :

همان طور که قبلاً اشاره شد در انتخاب سیلاب طراحی اکثر سدهای مخزنی علاوه بر مقدار حداکثر دبی لحظه‌ای آگاهی از حجم سیلاب و شکل هیدروگراف رودخانه نیز ضروری می‌باشد. در جریان کاربرد بعضی از روشهایی که فوقاً ذکر شد، هیدروگراف رودخانه نیز به دست می‌آید. به طور مثال در محاسبه مقدار P.M.F به روش سینوپتیکی و یا روش شبکه‌بندی (Grid Method) یا بعضی از روشهای تجربی، هیدروگراف رودخانه نیز به همراه برآورد دبی حداکثر لحظه‌ای سیلاب محاسبه می‌شود.

در مواقعی که از کاربرد روش، تنها مقدار دبی حداکثر لحظه‌ای برای دوره برگشت مشخص حاصل می‌شود بایستی هیدروگراف نظیر آن نیز برآورد و استخراج شود. در این مورد نیز روشهای متعددی وجود دارد که ذیلاً به برخی از آنها اشاره می‌شود :

الف : روش هیدروگراف بی بعد^۱ : در این روش از بین هیدروگراف سیلابهای مشاهده شده هیدروگرافی که تقریباً حالت پوش نسبت به سایر هیدروگرافها داشته باشد انتخاب شده و نسبت به دبی حداکثر لحظه‌ای و زمان اوج سیلاب بی بعد می‌شود. (در صورتی که چندین هیدروگراف دارای خصوصیات هیدروگراف پوش باشد متوسط آنها بی بعد می‌شود) سپس با استفاده از دبی حداکثر لحظه‌ای برای دوره برگشت معین که محاسبه شده است و همچنین و با استفاده از هیدروگراف بی بعد می‌توان ابعاد هیدروگراف رودخانه را برای همان دوره برگشت محاسبه نموده و حجم نظیر طغیان را به دست آورد.

ب : روش هیدروگراف متعادل شده^۲ : در این روش احجام حداکثر با مدت دوام مختلف از دبی‌های روزانه استخراج می‌شود و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و حجم سیلاب رودخانه برای مدت‌های دوام و دوره‌های برگشت مختلف محاسبه می‌گردد. سپس حجم به دست آمده برای مدت سیلاب در زمان توزیع شده و با روش آزمون و اصلاح خطا شکل نهایی هیدروگراف مشخص می‌گردد.

ج : روش هیدروگراف واحد ساختگی^۳ : در این روش برای تبدیل مقادیر بارندگی به جریان سطحی از یک هیدروگراف واحد ساختگی که با بهره‌گیری از خصوصیات فیزیوگرافی حوزه و فرمولهای تجربی تهیه می‌گردد استفاده می‌شود.

۲-۷ خلاصه نتیجه‌گیری

با عنایت به آنچه به اختصار بیان شد می‌توان نتیجه گرفت که با استفاده از یک یا چند روش ذکر شده و یا تلفیق آنها می‌توان طیف وسیعی از مقادیر سیلابهای یک رودخانه را در یک نقطه مشخص (نقاط مورد نظر پروژه) از سیل با دوره برگشت ۲ ساله گرفته تا سیلاب حداکثر محتمل را محاسبه و استخراج نمود. بدین ترتیب اطلاعات لازم برای انتخاب مناسبترین رقم سیل طراحی در اختیار مهندس طراح قرار می‌گیرد. هر چند روش تجزیه و تحلیل فراوانی طغیانها و محاسبه سینوپتیکی P.M.F دو روش مستقل از هم محسوب می‌شود ولی با مقایسه

1- USDA, SCS (1972) : " National Engineering Handbook-Section 4 : Hydrology

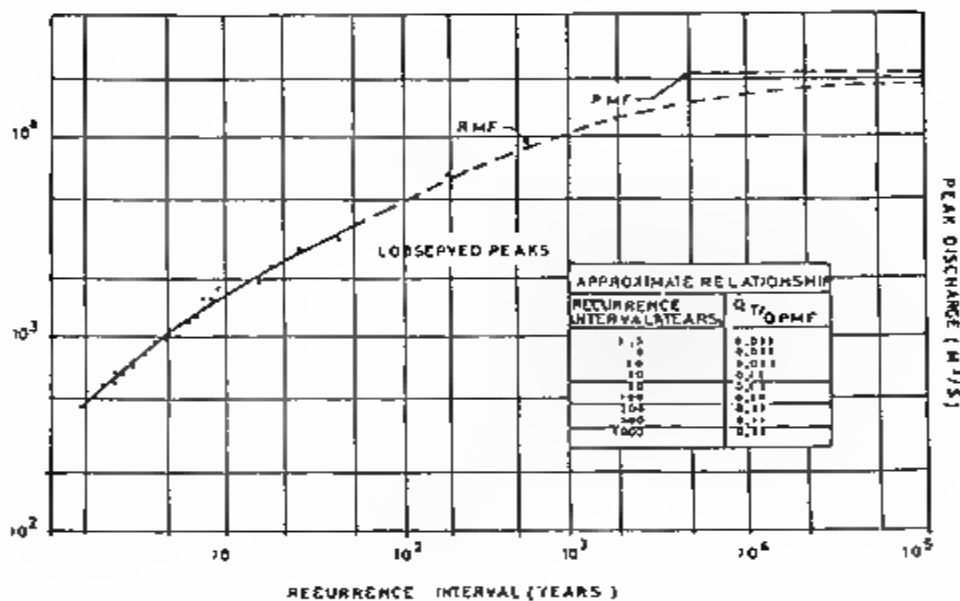
2- US Army, HEC (1976) : " Balanced Hydrograph "

3- USBR (1965): "Unitgraph Procedures."

مقدار P.M.F یا مقدار سیلابهایی که به روش تجزیه و تحلیل فراوانی تعیین و محاسبه شده است می توان کنایح هر دو روش را یا یکدیگر مقایسه و کنترل نمود.

از نظر ریاضی مقدار P.M.F دارای دوره برگشت بی نهایت می باشد ولی بر اساس تجربیات و توصیه های انجام شده می توان یک دوره برگشت بین ۱۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ سال را به آن نسبت داد، بدین ترتیب با انتقال کنایح مربوط به آبدهی حداکثر رودخانه به ازای دوره های برگشت مختلف و P.M.F بر روی کاغذ احتمالات می توان امتداد منحنی فراوانی را نیز ردیابی نمود. در این زمینه استفاده از سیلابهای تاریخی وقوع یافته (در این مورد در قسمتهای بعدی این گزارش صحبت خواهد شد) نیز کمک مؤثری می نماید. نمونه ای از روش امتداد منحنی فراوانی با استفاده از موارد گفته شده در نمودار شماره (۳-۴) منعکس می باشد. جدول منعکس در نمودار شماره ۳ نسبت سیلهای مختلف به P.M.F را برای یکی از کشورهای آفریقایی نشان می دهد. در نمودار شماره ۴-۳ چگونگی توسعه و امتداد دادن منحنی نظری فراوانی وقوع سیلهای با استفاده از رقم P.M.F محاسبه شده مشخص شده است. همچنین در جریان محاسبات مربوط به مقادیر طغیان، شکل موج سیل نیز به همراه حجم آب نظیر برآورد و برای ارزیابی تأثیرات مخازن در تسکین طغیانها آماده می گردد.

لازم به تذکر است که اگر یک هیدروگراف معرف حداکثر حجم سیلاب برای یک دوره برگشت معین باشد ممکن است دبی حداکثر لحظه ای آن کمتر از هیدروگرافی باشد که در آن دبی حداکثر لحظه ای برای همان دوره برگشت حداکثر است و یا برعکس، سیلی که دارای دبی حداکثر لحظه ای ماکزیمم برای یک دوره برگشت معین است ممکن است حجم سیلاب نظیر آن کمتر از سیلی باشد که حجم هیدروگراف آن برای همان دوره برگشت حداکثر است. با توجه به مطالب فوق، هیدروگرافهای یا دبی حداکثر لحظه ای یا احجام حداکثر، ممکن است طیف وسیعی از هیدروگراف را برای دوره برگشت معین به دست دهد که بایستی استهلاک آنها در داخل مخزن و پایین دست سد مورد مطالعه قرار گیرد تا سیلاب طراحی مناسب تعیین گردد.



نمودار شماره ۳-۴

مأخذ نمودار:

* SANCOLD, 1986: "Safety Evaluation of Dams-Interim Guideline on Safety in Relation to Floods"

مسئله‌ای که همواره در جریان طراحی یک سد مورد توجه طراحان است، اتخاذ تصمیم درخصوص درجه حفاظت سازه می‌باشد. بدیهی است که حفاظت سازه در مقابل کلیه حوادث طبیعی نه عملی و نه امکان پذیر است. بنابراین هدف این است که بین سودهای حال از احداث سد (که برای تأمین نیازهای تعریف شده‌ای طراحی می‌شود) و هزینه‌های ناشی از افزایش پایداری آن در سطح قابل قبولی از خطر، یک تعادل منطقی ایجاد شود. به عبارت دیگر این موضوع به مفهوم حذف انواع مختلف خطرات برای سازه نبوده بلکه کاهش این خطر به حد قابل قبول می‌باشد. طبق بررسیهای انجام شده، خطراتی که افراد با آن روبه‌رو هستند، بستگی به سطح خطرات تجربه شده در زندگی روزمره دارد. برای یک جامعه مشخص این زمینه بر مبنای آمار مرگ و میر قابل برآورد می‌باشد. در ارزیابی میزان مرگ و میر در یک جامعه و همچنین انواع حوادثی که منجر به مرگ می‌شود می‌توان خطرات زندگی را به شرح زیر طبقه‌بندی نمود:

- الف : خطراتی که در هر روز از زندگی مطرح بوده و اصولاً غیر قابل اجتنابند، مشابه حوادث ناشی از وقایع طبیعی نظیر سقوط، آتش سوزی و عوامل محیطی.
- ب : خطراتی که در اصل قابل اجتنابند ولی در عمل به لحاظ اینکه افراد ناگزیر از زندگی در جامعه امروزی می‌باشند، غیر قابل اجتناب می‌شوند، مشابه حوادث ناشی از تردد و مسمومیت‌هایی دارویی.
- ج : خطراتی که واقعاً قابل اجتنابند ولی افراد به خاطر آزادی عملشان در زندگی با این خطرات روبه‌رو می‌شوند، مشابه حوادثی نظیر غرق شدن در دریا و یا بعضی از تصادفات.

برای جمعیتی که در پایین‌دست سدی زندگی می‌کنند خطر از نوع الف بالا می‌باشد با این تفاوت که سد احداث شده ناشی از فعالیتهای انسانی بوده و بدین ترتیب هر چه خطر ویرانی سد کمتر باشد مطلوب تر و پذیرفتنی تر است.

لازم به تذکر است که مقدار خطر قابل قبول برای مرگ افراد بستگی به شرایط اجتماعی هر کشوری دارد و ضابطه‌ای که در یک کشور پذیرفته شده ممکن است در کشور دیگر مردود باشد. درخصوص تعیین میزان خطر قابل قبول ناشی از شکست سد هنوز بررسیها و کارهای زیادی باید صورت گیرد تا بتوان یک راهنمای عمل مناسب را تهیه نمود. در این مورد در بخشهای دیگر این نشریه هم بحث خواهد شد.

۲-۸-۲ روش محاسبه میزان خطر

آنچه که از مطرح کردن بحث خطر و میزان آن در این قسمت از این گزارش مورد نظر است ارائه توضیحاتی درباره نحوه محاسبه احتمال وقوع یک حادثه غیر مترقبه در طول عمر یک پروژه می‌باشد. مقدار و میزان احتمال مزبور برابر با مقدار ریسک یا میزان خطر پذیری می‌باشد.

احتمال اینکه سیلی با دوره برگشت T سال حداقل یکبار در طول L سال (فرض کنید L عمر یک پروژه می‌باشد) اتفاق بیفتد از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$P_T = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^L$$

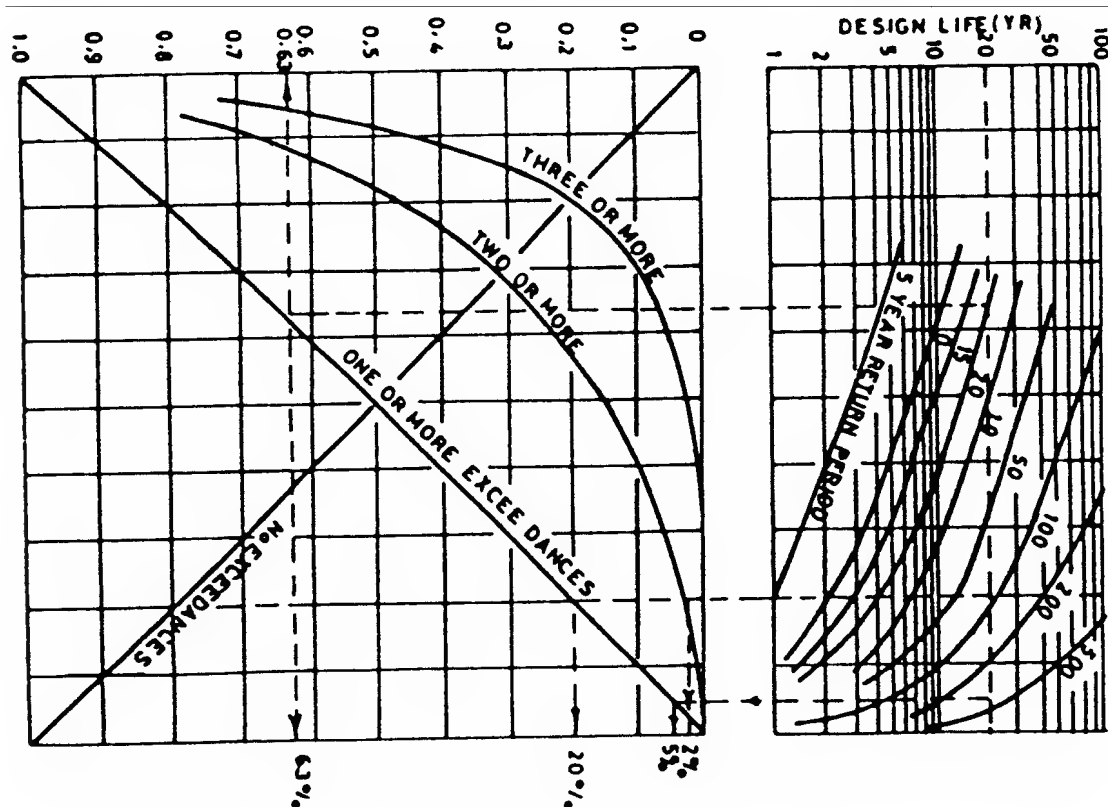
با استفاده از رابطه فوق می‌توان نشان داد که احتمال اینکه سیلی با دوره برگشت T سال حداقل یکبار در طول مدت T سال (دوره برگشت سیل) اتفاق بیافتد به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$P_T = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^T = 0.63$$

بنابراین در صورتیکه فرض شود هزینه‌های سرمایه‌گذاری برای یک سد در طول ۵۰ سال برگشت نماید و چنانچه سرریز این سد تنها قادر باشد سیل با دوره برگشت ۵۰ سال را از خود عبور دهد احتمال اینکه سرریز قبل از بازگشت کل سرمایه در مقابل دبی بیش از مقدار طراحی قرار گیرد برابر ۶۳ درصد است.

مشابهاً اگر سرریز سد برای عبور سیل صد ساله طراحی شده باشد با عنایت به فرمول بالا معلوم می‌شود که هنوز حدود ۴۰ درصد احتمال دارد که سد قبل از پایان زمان برگشت سرمایه در مقابل سیل فوق قرار گیرد. این احتمال در صورتی که وقوع این سیل دوبار در نظر گرفته شود حدود ۱۰ درصد خواهد بود.

نمودار شماره ۲-۴ احتمال وقوع یک حادثه با دوره‌های برگشت مختلف را حداقل یکبار، دو بار و یا سه بار در طول زمان معینی نشان می‌دهد.



نمودار شماره ۲-۴

مأخذ نمودار: (SANCOL, 1986)

فصل سوم - بررسی سیلابهای تاریخی

۱-۳ مقدمه :

از آنجا که اکثر ایستگاههای آب سنجی کشور طی ۴۰ سال اخیر تأسیس شده است بنابراین آمار بلند مدت و مطلوبی از سیلابهای جاری شده در دست نیست لذا برای تعیین سیلاب طراحی پروژههای سدسازی که معمولاً سیلابی با دوره بازگشت طولانی می باشد، بررسی سیلابهای تاریخی و مورفولوژی حوزه مطرح می گردد.

تجربه نشان داده است که تجزیه و تحلیل سریهای کوتاه مدت سیلابهای ثبت شده در یک ایستگاه اندازه گیری، امکان برآورد صحیح و دقیق سیلابهای استثنایی را به دست نمی دهد.

مثال خوبی در این زمینه بروز سیلابهای مهم در ایالت گجرات هندوستان طی سالهای ۱۹۷۶ تا ۱۹۸۴ بوده است. بدین معنا که علی رغم موجود بودن آمار نسبتاً طولی المدت یعنی ۶۰ تا ۹۰ سال آمار، حداکثر بارانهای دور روزه طی سالهای ۱۹۷۹ و ۱۹۸۰ و ۱۹۸۳ از ارقام ثبت شده طی ۸۰ سال قبل بیشتر و به ترتیب به میزان ۶۴۳ و ۶۳۰ و ۱۰۶۷ میلیمتر بوده است. سیلابهایی که بر اثر این بارندگیهای شدید به وجود آمد باعث انهدام سدماجو-۲ و خرابی و صدمه دیدن چندین سد دیگر گردید. گرچه از نظر تاریخی سیلابهای مهمی در این ایالت به وقوع پیوسته بود ولی عدم اطلاع از کمیت این سیلابهای تاریخی ویرانگر، مانع از آن بوده است که دوره بازگشت سیلابهای مهم به خوبی تعیین شود. مسئولین منطقه مزبور پس از وقوع سیلابهای فوق الذکر بویژه سیلاب ۱۹۸۳ ناچار از بازنگری سیلابهای طراحی سدهای در حال بهره برداری و در دست ساختمان گردیدند به نحوی که سیلابهای طراحی جدید نسبت به نتایج مطالعات گذشته حدود ۱/۵ تا ۲ برابر محاسبه شد. از جمله سد دوماگانگا با سطح حوزه ۱۸۱۳ کیلومتر مربع که سیلاب طراحی قبلی آن ۱۱۱۰۰ متر مکعب بر ثانیه بود پس از وقوع سیلاب ۱۲۹۰۰ متر مکعب بر ثانیه ای در محل سد، سیلاب طراحی آن به رقم ۲۶۸۴۴ متر مکعب بر ثانیه افزایش داده شد.

با توجه به مقدمه فوق به تشریح اهمیت نقش سیلابهای تاریخی پرداخته می شود.

۲-۳ نقش سیلابهای تاریخی در انتخاب سیلاب طراحی

سیلابهای تاریخی به سیلابهایی اطلاق می گردد که طی قرون گذشته رخ داده و مسائل و مشکلات اقتصادی و اجتماعی به بار آورده و اثرات ویرانگر آنها در کتب تاریخی ثبت شده و چنانچه طی یکی دو قرن گذشته وقوع یافته باشد در اخبار روزنامه ها از آنها یاد شده است. سیلاب همانند زلزله، یک مخاطره طبیعی شناخته می شود که وقوع آن ممکن است به تلفات و خسارت بسیار زیاد منتهی گردد.

برای شناخت مخاطرات طبیعی دوران گذشته، به عواملی نظیر توپوگرافی شهری و جغرافیای تاریخی محلی و منطقه ای و ارزیابی چگونگی بروز خسارت یا خرابی ساختمانهای مهم تاریخی و همچنین نحوه ترمیم و تعمیر

آنها توجه می‌شود. بروز خسارات به ساختمانهای مهم و مقاوم تاریخی می‌تواند از سه منشأ متفاوت حاصل شود: خرابی یا خسارت ناشی از زلزله که به سوابق لرزه خیزی منطقه برمی‌گردد، خرابی یا خسارات ناشی از سیلاب و عوامل جوی و بالاخره خسارت احتمالی ایجاد شده توسط بشر (مثلاً در دوران جنگها و آتش سوزیها)، که هر کدام از این خرابیها متمایز از یکدیگر در مقیاس محلی یا منطقه‌ای می‌باشد.

اهمیت نقش سیلابهای تاریخی در محاسبه و انتخاب سیلاب طراحی اساساً به خاطر کوتاهی دوره آماربرداری می‌باشد. در بسیاری از پروژهها در سطح جهان ملاحظه گردیده که گاهی سیلاب مشاهده شده در دوران ساخت، که خود خسارات قابل توجهی را به همراه داشته است، یا نزدیک به مقدار تعیین شده برای سیلاب طراحی با دوره بازگشت طولانی (انتخاب شده از روی آمار محدود مثلاً ۳۰ تا ۴۰ سال) بوده و یا از آن هم فراتر رفته است. از جمله سیلاب پروژه تلمبه مخزنی Bath County در ایالت ویرجینیای آمریکا که مخزن آن سطح حوزه کوچکی را در بردارد. در ۴ نوامبر ۱۹۸۵ به هنگام اجرای طرح، سیلابی برابر ۵۸۰ مترمکعب بر ثانیه در محل سد جاری شد که براساس تحلیل تواتر سیلابهای ثبت شده دوره بازگشت این سیلاب به حدود یک میلیون سال می‌رسید ولی با تجدید نظر در محاسبات و وارد نمودن رقم مزبور در سری آمار موجود، دوره بازگشت سیلاب مزبور به ۱۷۰ سال تقلیل یافت. در سیلاب آذر ۱۳۶۵ در محل سد انحرافی بهبهان بر روی رودخانه مارون دبی اوج ۵۲۰۰ متر مکعب بر ثانیه محاسبه شد و این سیلاب باعث خسارت و صدماتی به دیوارها و بازوی خاکی سد بتنی مزبور گردید این در حالی است که سیلاب طراحی اولیه برابر ۳۷۰۰ متر مکعب بر ثانیه برای سد انحرافی منظور شده بود، در صورتی که سیلاب ۵۲۰۰ متر مکعب بر ثانیه تقریباً دارای دوره بازگشت ۱۰۰ ساله بوده است. مثالهای دیگر که به نحوی ناکافی بودن آنالیز فرکانس سیلابها را براساس آمار موجود بیان می‌دارد در بند ۳-۴ آمده است.

۳-۳ نگرشی به سیلابهای تاریخی:

شرایط اقلیمی و هواشناسی در نقاط مختلف سطح کره زمین و در میان سایر عوامل فیزیکی، ایفاگر نقش مهمی در چگونگی فعالیت بشر و گسترش آن در سطوح مختلف بوده و می‌باشد. از طرف دیگر تصادفی بودن اینگونه پدیدههای فیزیکی در قرون و اعصار بر بشر ثابت گردیده است. متأسفانه ثبت کمیت پارامترهای هواشناسی در اکثر کشورها کمتر از یک قرن قدمت دارد (و سابقه این امر در ایران از نیم قرن تجاوز نمی‌کند) و مسلماً طی چنین مدت کوتاهی، احتمال وقوع پدیدههای هواشناسی و هیدرولوژی استثنایی بسیار کم و کوچک بوده است. از دیدگاه مهندسان طراح و متخصصان هیدرولوژی شناخت فرایندهای فیزیکی که منجر به بروز بارندگی شدید می‌شود و آن نیز به نوبه خود سیلابهای مهم و ویرانگر را پدید می‌آورد حائز اهمیت است. توزیع مکانی، مقدار کل و حداکثر شدت بارندگیهای سنگین از جمله پارامترهای مهمی می‌باشد که در تجزیه و تحلیل بزرگی بارندگیها و تواتر وقوع آنها مورد توجه قرار می‌گیرند. همین پارامترها در مورد سیلابها نیز مطرح می‌باشد. در مطالعه سیلابهای تاریخی، ارزیابی درجه تخریب و چگونگی گسترش آن با توجه به توپوگرافی و موقعیت منطقه سیل زده حائز اهمیت است. بدین معنی که از روی درجه تخریب که در اسناد و مدارک تاریخی ذکر شده، تخمینی از مقدار سیلاب تاریخی مورد نظر به عمل

می‌آید. آنگاه با بررسیهای صحرائی از سرشاخه‌های رودخانه و مدخل خروجی آن بویژه در مورد پراکنش و توزیع قلوه سنگها و قطعه سنگهای حمل شده توسط سیلاب و با نگرشی به مورفولوژی منطقه، مقدار برآورد شده سیلاب تاریخی مجدداً مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. این روش بررسی اجازه می‌دهد که ارقام به دست آمده برای سیلابهایی با دوره بازگشت طولانی به نحوی گویا شده و جرح و تعدیلهای لازم برای تصحیح ارقامی که به روش برون‌یابی منحنی‌های نظری به دست می‌آید صورت پذیرد.

در مورد سیلابها و ریزشهای سنگین جوی ایران مطالعات گسترده و مبسوطی در دست نیست. اما خوشبختانه آقای چارلز ملویل که در مورد زلزله‌های تاریخی ایران تحقیقات فراوانی انجام داده به همان روش در زمینه سیلابهای تاریخی نیز مطالعاتی داشته است که طی مقاله‌ای انتشار یافته و در پیوست این فصل منعکس شده است. هر چند نتایج این تحقیق را بایستی مقدماتی تلقی نمود معهداً حاوی اطلاعات با ارزشی است که سوابق سیل‌خیزی مناطق مختلف ایران را به نحوی روشن می‌نماید.

نامبرده بیشترین اطلاعات را از لابه‌لای روزنامه‌های ایران که از سال ۱۲۳۰ شمسی به بعد چاپ شده و اخبار ارسالی توسط نمایندگی‌های کنسولگری انگلستان در ایران (مقامات وزارت امور خارجه انگلستان) اخذ نموده است. وی اعلام می‌دارد که این روزنامه‌ها به طور کامل در اختیار «انجمن‌توتی مطالعات پارسی» نمی‌باشد ولی کلکسیون مهمی از این روزنامه‌ها عموماً توسط کتابخانه‌های انگلستان جمع‌آوری و تنظیم شده بود که توسط محققین زلزله مورد استفاده قرار گرفته و بخشی از آنها، در حال حاضر مفقود شده است. اگرچه تحقیقات چارلز ملویل مربوط به مدارک موجود تا سال ۱۹۵۰ میلادی می‌باشد، معهداً از دیدگاه سیلابهای تاریخی حائز اهمیت بسیار است.

جدول ۳-۴ اثرات بارانهای تند و شدید که خسارت قابل توجهی را در برخی نقاط ایران به بار آورده‌اند را نشان می‌دهد.

همان طور که از جدول ۳-۴ بر می‌آید در منطقه فارس، شیراز در یک قرن گذشته ۵ بار شاهد بارانهای سنگین و سیل‌آسا بوده است، شاید بتوان در همین ردیف سیلابهای آذرماه ۱۳۶۵ را اضافه نمود. در فوریه ۱۸۹۴ (حدود بهمن ۱۲۷۲) ریزش شدید ۲۰ ساعته باران منتهی به تخریب ۲۰۰۰ خانه در شیراز می‌گردد. ۱۰ سال بعد مجدداً در شیراز باران شدید موجب خسارات سنگین می‌شود و ۳۰ سال بعد از آن یعنی در فوریه ۱۹۲۴ باران شدید سبب خسارات سنگین می‌گردد. جالب توجه اینکه در خرداد ۱۳۰۳ رگبار سیل‌آسا در قم موجب تخریب ۱۰۰۰ خانه می‌گردد. در ۸ مرداد همان سال (۳۰ ژوئیه ۱۹۳۴) سیل بزرگی در تبریز جاری می‌شود. (C.P.Melville, 1983) و خسارات سنگین مالی و جانی به بار می‌آورد. این سیلاب، سیل بندهای خاکی شهر را که احتمالاً ۱۰ سال قبل از آن ساخته شده بود تخریب می‌نماید. البته در کنار یک دیواره سیل‌بند ساختمان کلانتری قرار داشته که آنها شاهد نحوه بروز خسارت به دیواره مزبور بوده‌اند و بلافاصله خطر سیلاب و لزوم تخلیه خیابانها و مسیر اصلی جریان آب به آگاهی مردم محل رسانده می‌شود، که خود باعث کاهش تلفات می‌گردد، سیلاب یک ساعت جریان داشته است. خسارات سنگین بود و بیش از ۲۰۰۰ خانه ویران شد و بین ۱۲۰ تا ۳۰۰ نفر از بین رفتند. روز بعد در پی رگبار

سنگین سیلاب دیگری به ارتفاع حدود ۰/۶ متر در تمام عرض خیابان پهلوی سابق شهر جاری شده. روزنامه تایمز^۱ در ۶ اوت همان سال خیر می‌دهد که در منطقه وسیعی از فیروزکوه تا کرمان و آوه (جنوب قزوین) و در شرق تهران (که باعث هلاکت ۳۰ نفر می‌شود) سیل جاری شده است. بنابراین سیلاب تبریز در آن سال یک سیلاب موضعی و کوچک نبوده است بلکه در روند یک ناآرامی و تلاطم جوی در طول حدود یکماه (مرداد تا شهریور) سیل‌های مهمی در نقاط مختلف کشور جاری شده است.

در فوریه ۱۵۹۴ میلادی در بیشتر مناطق غرب ایران تا حاشیه دشت کویر: بارانهای شدید موجب جاری شدن سیل‌های مخرب بویژه غالب مناطق یزد می‌گردد. در سال ۱۶۰۰ میلادی در پی طغیان بزرگ رودخانه هراز شهر آمل و روستاهای اطراف آن ویران می‌شود و موجب هلاکت هزاران نفر می‌گردد. در مسیر دره‌های این رودخانه به علت باران شدید زمین لغزه‌های مهمی به وجود می‌آید.

در بهار سال ۱۰۴۵ شمسی، سیلاب ناگهانی رودخانه قم موجب از بین رفتن بیش از ۱۰۰۰ خانه و خسارات سنگین می‌گردد. در زمستان ۱۰۵۷ شمسی بیش از $\frac{۱}{۳}$ شهر شیراز نابود می‌شود و ۳۵ سال بعد از جاری شدن سیلاب فوق‌الذکر در قم، سیلاب مهمی سبب انهدام بیش از ۲۰۰۰ خانه و تمامی ساختمانهای قدیمی آن شهر می‌گردد.

در ۷ مه ۱۸۶۷ (اردیبهشت سال ۱۲۴۶) سیلاب مهمی بخشی از تهران را فرا می‌گیرد و بیش از ۱۲۰ خانه ویران و تعدادی تلف می‌شوند، ۱۲۰ سال بعد یعنی در سال ۱۳۶۶ نیز شاهد سیلاب قابل توجهی در منطقه تجریش بوده‌ایم.

در روند سیل‌خیزی منطقه خوزستان مشاهده می‌شود که دوره طغیانها و سیلابهای منطقه عبارتند از: سال ۱۸۷۰ تخریب شوش، بهار ۱۸۸۵ طغیان بزرگ کارون شکست سد - پل شوشتر، لیریزی و طغیان کارون در زمستان ۱۸۹۳ - طغیان کارون و زیر آب رفتن کلیه مناطق بالاتر از «اسماعیلیه» در فوریه ۱۹۰۳ - بارانهای شدید دسامبر ۱۹۲۱ (آذر - دی) طغیان کارون را به همراه دارد که در پی آن پلهای دزفول و شوش تخریب می‌شوند. در ژانویه ۱۹۲۴ در پی ۵ روز باران شدید، پل شوشتر تخریب می‌شود و سیل بخش وسیعی از شهر را غرقاب می‌کند و از میان می‌برد، در اهواز ۲۰۰ خانه و مغازه تخریب می‌شود. گزارش حاکی است که سیل تمامی منطقه خلیج فارس و شیراز را در بر گرفته و خسارات زیاد و تخریب منازل را در پی داشته است. در فوریه ۱۹۳۴ (بی‌نظیر در طول ۲۵ سال) در بخشهای مهم لرستان، بختیاری سیل جاری شده و پلها شکسته می‌شوند و در پی چند روز بارندگی، رودخانه‌های بزرگ کارون، کرخه و دز طغیان نموده و خسارات مهمی به راه‌آهن غرب اهواز وارد می‌شود که برای جلوگیری از خسارات بیشتر سیل برگردانی در اطراف اندیمشک و اهواز احداث می‌شود. در بهار ۱۹۴۶، بارانهای شدید فراگیر تمام منطقه را در بر می‌گیرد و باعث قطع ارتباطات می‌شود. خرمشهر و بندر شاهپور در سیلاب فرو می‌رود. در سال ۱۹۴۹ خسارات سیل بیش از ۲ برابر سه سال قبل بود. بدین ترتیب ملاحظه می‌شود که این منطقه بسیار سیل‌خیز است و در مدت ۸۰ سال حدود ۹ مرتبه سیل‌های مخرب در آن جاری شده است، به عبارت دیگر

سیلابهای ۱۰ ساله این منطقه از حجم و دبی حداکثر مهمی برخوردار است. و بنابراین در برآورد سیلاب رودخانه‌های این منطقه باید به این موضوع توجه شود. با توجه به شواهد تاریخی فوق‌الذکر می‌توان اظهار داشت که تجزیه و تحلیل آمار سیلابهایی که طی دوره اخیر یعنی حدود ۴۰ سال گذشته در ایستگاههای آب‌سنجی کشور ثبت شده است به نتایج دقیق و مناسبی منجر نمی‌گردد. زیرا شدت و خسارت سیلها طی دوره اخیر نشان دهنده شرایط سیل خیزی در دوره های قبل (قبل از ۱۹۵۰ میلادی) نمی‌باشد، لذا ضروری است که در برآورد سیلاب با دوره بازگشت معین جانب احتیاط را رعایت نموده و نوعی ضریب اطمینان برای سیلاب منطقه مورد بحث منظور شود تا ایمنی لازم برای حفاظت در مقابل سیلاب تأمین گردد. این ضریب افزایش باید با توجه به شرایط رسوب گذاری رودخانه، ویژگیهای هیدروژئوگرافی حوزه، نوع سنگها و اندازه قطعاتی که سیل به همراه خود آورده است و با نگرشی به وضعیت زمین شناسی - مورفولوژی حوزه، و بررسی سرعت جریان سیل با توجه به شرایط هیدرولیکی رودخانه و برآورد ارتفاع آب متناظر با آن و دبی مربوطه، تعیین گردد.

جدول ۳-۴ وقوع برخی سیلابهای مهم تاریخی ایران را به ویژه در سه قرن اخیر نشان می‌دهد که عیناً به زبان اصلی (انگلیسی) پیوست می‌گردد. (پیوست ۳-۲).

۳-۴ اثر سیلاب تاریخی بر برآورد سیلابها

مثال: سیل تاریخی ۹۷۸ شمسی رودخانه هراز در شهرستان آمل که باعث تخریب این شهر و روستاهای اطراف گردید و هزاران تن جان خود را در این حادثه غافلگیر کننده از دست دادند مورد بررسی قرار می‌گیرد..

آمار سیلابهای این رودخانه از سال ۳۰-۱۳۲۹ تا سال ۶۲-۱۳۶۱ در ایستگاه کره سنگ با سطح حوزه حدود ۴۰۶۰

کیلومتر مربع در جدول ضمیمه آمده است^۱. بزرگترین سیلاب ثبت شده طی دوره آماری ۳۳ ساله مربوط به سال آبی ۴۸-۱۳۴۷ و برابر ۴۲۶ متر مکعب بر ثانیه بوده است. سیلاب تاریخی فوق‌الذکر با توجه به شرایط فعلی رودخانه و ارتفاع آبی که باعث نابودی شهر شده (روایت است که ارتفاع آب در رودخانه هراز در شهرستان آمل به حدود ۵ تا ۶ متر از بستر رودخانه می‌رسیده است) در حدود ۴۸۰۰ متر مکعب بر ثانیه تخمین زده می‌شود. با تجزیه و تحلیل آمار سیلابهای ثبت شده در دوره ۳۳ ساله (جدول ۲) بدون در نظر گرفتن سیلاب تاریخی با توزیع گامبل (EVI) حداکثر سیلاب با دوره بازگشت ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ ساله را به ترتیب برابر ۴۵۱، ۵۰۲، ۵۵۴، ۶۷۲ و ۸۴۲ متر مکعب بر ثانیه به دست می‌دهد. مشخصات فیزیوگرافی و همچنین عرض رودخانه و نوع رسوبات و مورفولوژی منطقه مورد بررسی، ارقام به دست آمده را خصوصاً برای دوره‌های بازگشت بالا، تأیید نمی‌نماید. بنابراین با احتساب سیلاب تاریخی سال ۹۷۸، درصد احتمال وقوع تجربی از فرمول زیر محاسبه می‌شود (UNESCO, 1987)^۲:

۱- سطح حوزه محل ایستگاه کره سنگ تا آمل تفاوت فاحشی ندارد، لذا مقدار سیلاب مخرب شهرستان آمل برای کره سنگ فرض گردید

2- UNESCO, 1987: Case book of Methods for Computing Hydrological Parameters for Water Projects.

$$P(\%) = \left(\frac{K}{N+1} + \left[1 - \frac{k}{N+1} \right] \cdot \frac{m}{n+1} \right) \cdot 100$$

که در آن : سال $N = 1362 - 978 = 384$ ، سال $n = 33$
 $K=1$ (چون فقط یک سیلاب تاریخی در اختیار اوست) و
 m رتبه سیلابهای ثبت شده در دوره اخیر (دوره ۳۳ ساله)

$$P\% = \frac{1}{384} = 0.26\%$$

احتمال وقوع تجربی سیلاب تاریخی برابر است با ۰/۲۶٪
 احتمال وقوع تجربی سیلابهای ثبت شده طی دوره اخیر را می توان طبق فرمول فوق الذکر به شرح جدول ۱-۳ محاسبه نمود.

تجزیه و تحلیل مجدد آمار که با افزودن سیلاب تاریخی سال ۹۸۷ شمسی بر مجموعه ثبت شده ۳۳ ساله انجام پذیرفت سیلابها با دوره بازگشت ۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ سال را به ترتیب حدود ۱۲۰۰، ۱۹۵۰، ۴۰۰۰ و ۷۲۰۰ متر مکعب بر ثانیه برای رودخانه هراز در محل کره سنگ به دست می دهد که تفاوت قابل ملاحظه ای با نتایج قبلی دارد. نتیجه اینکه، منظور نمودن سیلابهای تاریخی در آنالیز سری آمار ثبت شده، ارقام واقعی تری از سیلاب حوزه را به دست می دهد و درجه اعتماد به سیل طراحی منتخب را افزایش می دهد.

چنانچه کاربرد توزیع های نظری آماری در اینگونه موارد مد نظر باشد می بایستی خصوصیات آماری داده های موجود (مجموعه داده های سیستماتیک و تاریخی) را اصلاح نمود. روابط مختلفی برای تصحیح میانگین، انحراف استاندارد و ضریب چگونگی ارائه شده که علاقه مندان می توانند به مراجع ذیربط از جمله (Kite , 1977) رجوع نمایند.^۱

1- Kite, G. W., 1977: Frequency & Risk Analysis in Hydrology. Taskers & Thomas, 1978; Flood Frequency Analysis With Pre-record Information, J. of Hyd., ASCE, Vo1104, No. HY2.

جدول ۱-۳

احتمال وقوع تجربی طی دوره ۶۲-۱۳۲۹ P% m	احتمال وقوع تجربی طی دوره ۱۳۶۲-۹۷۸ P% K	حداکثر دبی سیلاب بر حسب رتبه (m ³ /s)	سال وقوع سیلاب
	۰/۲۶ ۱	۴۸۰۰	۹۷۸
۳/۱۹ ۱		۴۲۶	۴۷-۴۸
۶/۱۳ ۲		۳۹۸	۶۱-۶۲
۹/۰۶ ۳		۳۳۰	۵۱-۵۲
۱۱/۹۹ ۴		۳۰۶	۳۲-۳۳
۱۴/۹۳ ۵		۲۹۵	۵۷-۵۸
۱۷/۸۶ ۶		۲۷۵	۳۶-۳۷
۲۰/۷۹ ۷		۲۷۰	۵۳-۵۴
۲۳/۷۳ ۸		۲۶۴	۴۶-۴۷
۲۶/۶۶ ۹		۲۴۶	۳۴-۳۵
۲۹/۵۹ ۱۰		۲۴۱	۳۵-۳۶
۳۲/۵۳ ۱۱		۲۰۷	۳۷-۳۸
۳۵/۴۶ ۱۲		۲۰۴	۵۹-۶۰
۳۸/۳۹ ۱۳		۲۰۰	۳۴-۳۵
۴۱/۳۳ ۱۴		۱۹۷	۴۳-۴۴
۴۴/۲۶ ۱۵		۱۹۷	۵۴-۵۵
۴۷/۲۰ ۱۶		۱۹۶	۵۰-۵۱
۵۰/۱۳ ۱۷		۱۹۵	۴۱-۴۲
۵۳/۰۶ ۱۸		۱۹۳	۵۲-۵۳
۵۶/۰۰ ۱۹		۱۸۰	۴۵-۴۶
۵۸/۹۳ ۲۰		۱۷۴	۴۲-۴۳
۶۱/۸۶ ۲۱		۱۷۲	۵۶-۵۷
۶۴/۸۰ ۲۲		۱۷۰	۴۰-۴۱
۶۷/۷۳ ۲۳		۱۶۹	۳۰-۳۱
۷۰/۶۶ ۲۴		۱۴۷	۵۸-۵۹
۷۳/۶۰ ۲۵		۱۴۶	۴۹-۵۰
۷۶/۵۳ ۲۶		۱۴۶	۲۹-۳۰
۷۹/۴۶ ۲۷		۱۳۹	۳۱-۳۲
۸۲/۴۰ ۲۸		۱۲۲	۶۰-۶۱
۸۵/۳۳ ۲۹		۱۱۹	۳۸-۳۹
۸۸/۲۶ ۳۰		۱۰۷	۳۳-۳۴
۹۱/۲۰ ۳۱		۱۰۲	۵۵-۵۶
۹۴/۱۳ ۳۲		۹۸	۳۹-۴۰
۹۷/۰۷ ۳۳		۷۵	۴۸-۴۹

جدول شماره ۳-۲: آمار سیلابهای رودخانه هراز در کره سنگ

KARAZ RIVER
KAREH-SANG STATION
CATCHMENT AREA 4060 (km²)
RECORDED FLOOD DATA

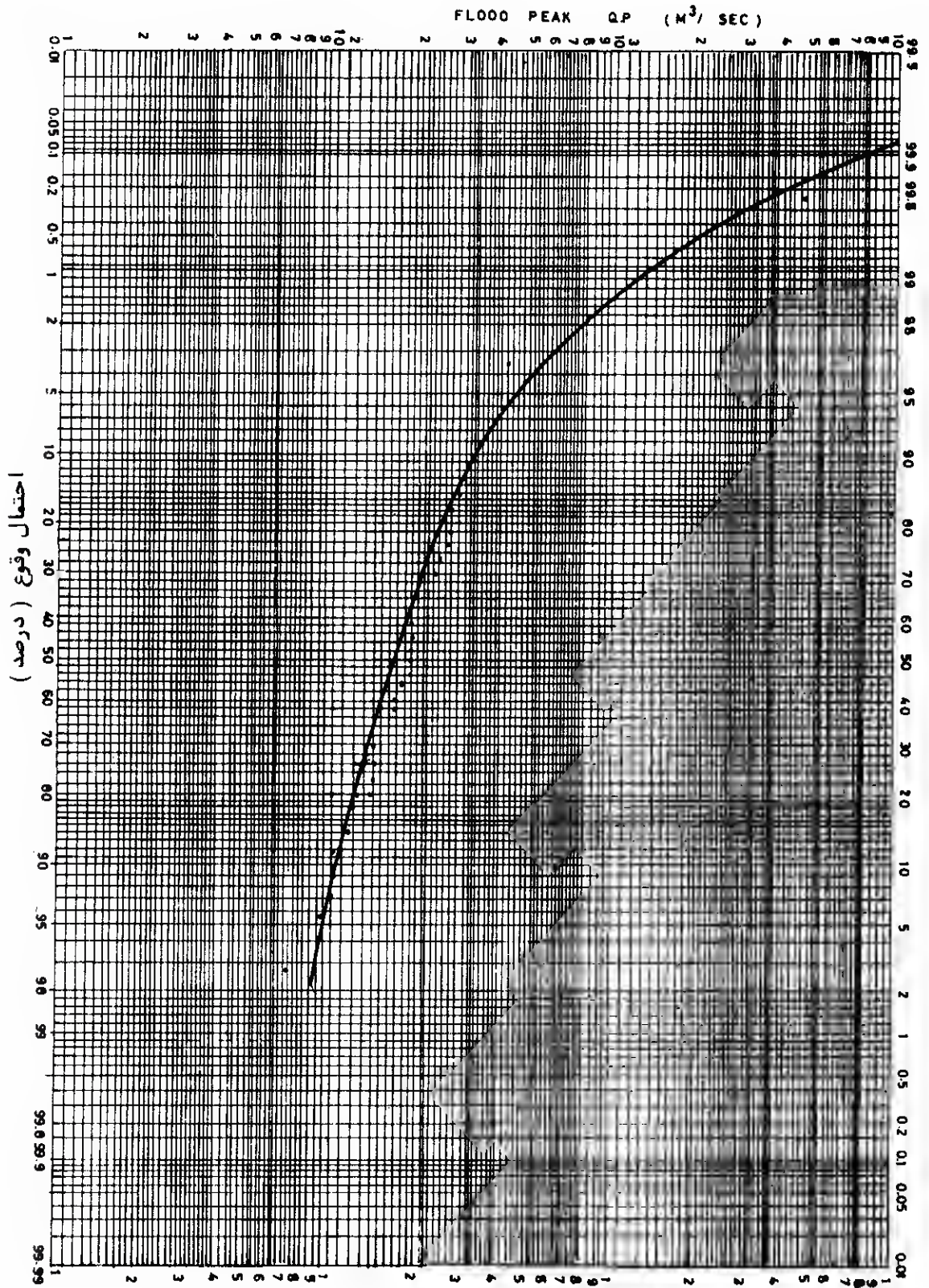
HYD. YEAR	FLOOD PEAK (m ³ /sec)
1329-30	145.9
1330-31	168.9
1331-32	138.9
1332-33	306.1
1333-34	107.0
1334-35	245.6
1335-36	241.0
1336-37	275.2
1337-38	207.0
1338-39	119.1
1339-40	97.9
1340-41	170.2
1341-42	194.7
1342-43	174.3
1343-44	197.4
1344-45	200.2
1345-46	179.8
1346-47	264.1
1347-48	425.9
1348-49	75.0
1349-50	146.0
1350-51	196.0
1351-52	330.0
1352-53	193.0
1353-54	270.0
1354-55	197.2
1355-56	101.7
1356-57	172.4
1357-58	294.9
1358-59	146.6
1359-60	203.8
1360-61	122.4
1361-62	397.5

جدول ۳-۳: آنالیز فراوانی وقوع سیلابهای هراز

MARAZ RIVER KAREH-SANG STATION FLOOD FREQUENCY ANALYSIS NUMBER OF DATA IS 33 DESCENDING ORDER OF DATA														
425.9	397.5	330.0	306.1	294.9	275.2	270.0	264.1							
245.6	241.0	207.0	203.8	200.2	197.4	197.2	196.0							
194.7	193.0	179.8	174.3	172.4	170.2	168.9	146.6							
146.0	145.9	138.9	122.4	119.1	107.0	101.7	97.9							
75.0														
STATISTICAL PARAMETERS														
Mean	Var.	St.Dev.	Skew	Kurt.	Cv	U.Cv	U Skew	U Kurt						
203.20	6621.15	82.63	0.90	3.54	0.41	6828.07	0.94	4.02						
LOG:	5.24	0.16	0.40	-0.09	2.74	0.08	0.17	-0.09	3.11					
FREQUENCY ANALYSIS OF DATA WITH FOLLOWING DISTRIBUTIONS:														
Tr (yrs)	2	5	10	20	25	50	100	200	1000	10000	LS	KS	KO-SM	
NORMAL	203.2	272.7	309.1	339.1	347.9	372.9	395.4	416.0	458.6	510.5	22.065	2.303*	0.097*	
LN2(MOH)	188.2	261.6	310.8	358.2	373.4	420.4	467.7	515.6	630.5	806.4	13.870	6.545	0.097*	
LN2(NLB)	188.0	264.1	315.4	365.2	381.1	430.7	480.9	531.8	654.5	843.7	12.065	8.364	0.097*	
LN3(MOH)	191.9	265.8	312.1	355.1	368.4	409.0	448.6	487.7	577.6	707.1	14.546	3.618	0.097*	
LN3(NLB)	188.7	264.1	314.2	362.5	377.9	425.6	473.4	521.8	637.5	813.5	12.789	3.813	0.097*	
EVI(MOH)	190.5	274.0	329.2	382.2	399.0	450.8	502.2	553.4	672.0	841.6	10.593*	5.939	0.097*	
EVI(NLB)	189.4	261.4	309.1	354.8	369.3	414.0	458.4	502.6	604.9	751.2	14.551	6.545	0.097*	
PT3(MOH)	187.5	263.5	313.3	360.3	375.0	419.7	463.5	506.6	605.0	743.8	13.701	8.364	0.097*	
PT3(NLB)		SOLUTION NOT POSSIBLE										0.000	0.000	0.000
LP3(MOH)		SOLUTION NOT POSSIBLE										0.000	0.000	0.000
LP3(NOI)	189.5	264.6	313.7	360.1	374.8	419.7	464.2	508.4	611.7	762.6	13.331	5.030	0.097*	
LP3(NLB)		SOLUTION NOT POSSIBLE										0.000	0.000	0.000
MINIMUM VALUE OF TESTS											10.593	2.303	0.097	
STANDARD ERRORS OF ESTIMATES (SE) FOR THE DISTRIBUTIONS														
Tr (yrs)	2	5	10	20	25	50	100	200	1000	10000	KRD	KO-SM		
NORMAL	14.4	16.7	19.4	22.1	22.9	25.4	27.7	29.9	34.6	40.5	7.365	1.166		
LN2(MOH)	12.9	22.9	31.6	40.4	43.2	52.2	61.3	70.5	92.8	127.1	4.343	0.332		
LN2(NLB)	12.8	20.7	28.6	37.4	40.5	50.5	61.3	73.0	103.2	154.5	4.582	0.512		
LN3(MOH)	15.9	20.1	26.9	38.2	42.6	58.4	76.9	97.8	154.1	252.6	3.912*	0.254*		
LN3(NLB)	14.1	21.2	29.9	41.5	45.8	60.7	77.9	97.2	150.2	245.9	4.338	0.304		
EVI(MOH)	13.3	24.0	33.1	42.3	45.2	54.4	63.6	72.8	94.2	124.9	3.970	0.268		
EVI(NLB)	13.0	19.9	25.6	31.3	33.1	36.9	44.7	50.6	64.2	83.0	4.702	0.344		
PT3(MOH)	9.5	16.7	26.0	39.9	45.0	62.5	81.9	102.7	155.5	239.5	4.935	0.421		
PT3(NLB)		SOLUTION NOT POSSIBLE										0.000	0.000	
LP3(MOH)		SOLUTION NOT POSSIBLE										0.000	0.000	
LP3(NOI)	14.4	21.1	28.7	40.0	44.4	60.6	80.4	103.7	171.4	303.0	4.267	0.300		
LP3(NLB)		SOLUTION NOT POSSIBLE										0.000	0.000	
MINIMUM VALUE OF TESTS											3.32	0.25		

حداکثر آبدهی لحظه‌ای سیل (مترمکعب در ثانیه)

نمودار شماره ۱-۳



پیوست ۳-۱: برخی از سیلابهای تاریخی ایران طی سالهای ۳۲۵ تا ۱۳۲۹ خورشیدی

جدول ۳-۴ برخی از سیلابهای تاریخی ایران

زمان وقوع	محل وقوع سیلاب	شرح وقایع خسارات
۳۲۵ هجری	ساری	تمام ساختمانها بعلت سیلاب تخریب و مردم به کوهپایهها هجوم برده و به مامورین دستور داد می شود که از شدت عمل علیه خسارت دیدگان بر حذر باشند .
۴۲۹ هجری	وزنگ (سیستان)	متعاقب سیلاب مهم ، سیل بند شمال شهر تخریب شده ، محصولات سال بعد شدیداً " کاهش یافته و در سال ۴۳۲ مجدداً " سیل بند شهر ساخته می شود .
۶۴۰ هجری	سیستان	منطقه بزرگی از سیستان و دلتای هیرمند تحت طغیان واقع شد و وزنگ به زیر آب می رود و بیش از ۳۰۰ نفر تلف می گردند .
۶۴۱ هجری	سیستان	سیلاب بعد از سال قبل ، بیشتر غلات را از بین برده و خسارات سنگینی ببار آورد .
۶۷۳ هجری	یزد	بعد از ۵ روز باران شدید سیلاب در منطقه شرق و جنوب شهر ایجاد تخریب نموده و آب با شکستن با روی شهر وارد آن شده و بخش عمده شهر را از بین می برد و مردم به ارتفاعات می گریزند .
۷۷۲ هجری	تبریز	بعلت سیلاب اکثر ساختمانهای شهر تخریب می گردد .
۸۴۵ " (بهار)	کازرین ، شیراز ، فارس	باران شدید در جبال منتهی به منطقه قره آغاج سبب بروز سیلاب در شبانکاره فارس ، کازرین و شیراز می گردد ، پل عروس بعلت گرفتگی دهانه ها با تنه درختان خرمان تخریب می گردد .
۸۶۰ (۲۵ فروردین)	یزد ، تفت	در پی یک هفته باران شدید ، سیلاب مهیبی از کوهپایه جنوب شهر جاری می گردد ، دیواره شهر را می شکند ، قنات های منطقه از بین می رود و خسارات سنگینی به ساختمانهای یزد وارد می گردد . در شهر تفت خسارات سنگین بوده است ، هیچگونه همراهی با خسارات دیدگان نمی شود و در مقابل ، مامورین بد رفتاری می نمایند .

زمان وقوع	محل وقوع سیلاب	شرح وقایع و خسارات
۸۹۸ (۲۶ فروردین)	هرات	در پی ریزش تگرگ و رگبار شدید بر دامنه‌های مشرف به شمال شرقی شهر، سیلی عظیم جاری شده گذرگاه و شمال شهر از بین می‌رود.
۹۶۵ (۲۲ اسفند)	قزوین	سیلاب شدید، باعث از بین رفتن حدود ۲۰۰۰ خانه در محله دروازه ابهر قزوین می‌گردد.
۱۰۰۱ هجری	سراب	بعد از ۲ شبانه‌روز باران شدید، سیلاب جاری شده و زمین لرزه مهمی آنرا همراهی نموده تا تخریب کامل شود.
۱۰۰۲ (بهمن ماه)	بیشتر مناطق غرب ایران تا حوالی دشت کویر	بعد از ۲ روز باران شدید که باد آن از جنوب می‌وزید ماست، طغیان غالب رودخانه‌های منطقه را ببار می‌آورد. زاینده رود سرریز کرده و شکستن دیواره‌های حفاظتی، آسیابها و پلها را بارمان می‌آورد. کانال‌ها و باغات اطراف قم و قزوین پر از گل و لای سیلاب می‌شود، مردم برای جلوگیری از هجوم طغیان و سیلاب بداخل خانه‌ها از فرش و گلیم و گونی‌های شنی، ملاقه و پارچه و چوب استفاده نموده ولی تعداد زیادی از خانه‌ها تخریب می‌شود، ساختمانهای دولتی شدیداً "حفاظت می‌گردند ولی یک تا دو محله کلا" تخریب می‌شود. سیلاب منطقه یزد و تفت را نیز در بر می‌گیرد. در تفت سیلاب عظیمی کلیه ساختمانها و اراضی و باغات را جارو کرده و می‌برد و فقط تلی از گل و لای، به جای شهر باقی می‌ماند. در چنین توفان عظیمی فقط بخشهای محدودی از کشور از سیلاب محفوظ می‌سازند، متعاقب آن در اصفهان و باوظاعون شایع می‌شود و تلفات سنگینی را ببار می‌آورد، و با در قزوین بیداد می‌نماید و بیماری و اپیدمی تا پاییز ادامه می‌یابد.
۱۰۰۸ هجری	آمل	سیلاب عظیمی که از رودخانه هزار و لار جاری شد سبب از بین رفتن شهر آمل و روستاهای اطراف آن می‌گردد، هزاران نفر بر اثر بروز غافلگیرانه سیلاب جان خود را از دست می‌دهند، ولی دولت از منطقه گرگان افراد زیادی را برای ساختن مجدد شهر به این منطقه کوچ می‌دهد؛ زمین لغزه در ناحیه نغار ستاق دریاچمای ایجاد می‌نماید که بعداً تخریب و بدریای مازندران می‌ریزد.

زمان وقوع	محل وقوع سیلاب	شرح وقایع و خسارات
۱۰۳۹ هجری	شیراز	برف سنگین و بارانهای سیل‌آسا خسارات سنگینی را با ایجاد سیلاب عظیم در شهر شیراز ببار می‌آورد .
۱۰۴۵ (بهار)	قم	طنفیان ناگهانی قم رود که با ذوب سریع برف‌ها حاصل می‌شود سبب تلفات جانی سنگین و از بین رفتن حدود ۱۰۰۰ خانه می‌گردد .
۱۰۷۹ هجری	شیراز	سیلاب مخرب و سنگینی $\frac{۱}{۳}$ شهر را جارو می‌کند ، بعثت تلفات سنگین ، اپیدمی و بیماریهای مترتب بر آن بر شهر حاکم شده و دامنه تلفات را گسترش می‌دهد .
۱۰۸۰ هجری	قم	کلیه ساختمانهای باستانی و در مجموع بیش از ۲۰۰۰ خانه و ساختمان در پی سیلابی مهیب از بین می‌رود .
۱۱۲۰ هجری	در منطقه ساوه	شهر ساوه با سیلابی عظیم از بین می‌رود .
۱۲۳۴ هجری	ماهان	سیلاب تاریخی در این شهر و اطراف خسارات سنگین ببار می‌آورد .
۱۲۲۸ (بهار)	خوزستان	رودخانه کارون بعد از بارندگی‌های شدید طنفیان می‌نماید و خسارت ببار می‌آورد .
۱۲۴۷ هجری	خوزستان	سیلاب مهیب سبب تخریب پل تاریخی شوشتر و همچنین شهر دزفول می‌گردد ، احتمالاً " تاریخ دقیق این واقعه ۱۲۵۲ بود ماست .
۱۲۶۷ هجری	قزوین	چهارمحل شهر با استعداد ۳۰۰۰ خانه و ساختمان تخریب می‌شود ، شاه دستور ساخت سیل بند می‌دهد ، در همین زمان در تبریز سیل جاری می‌شود .
۱۲۸۳ هجری	کاشان	در پی سه روز بارندگی سیل‌آسا ، باغات غرب کاشان و قنوات از بین می‌روند و کانالها از لای پر می‌گردد . اهالی مناطق شمالی منطقه کاشان نظیر : نوش‌آباد ، آران و بیدگل در سیلاب محاصره و امید به زندگی خود را از دست می‌دهند ، که خوشبختانه بعد از سه روز ، سیلاب فروکش می‌نماید ،

زمان وقوع	محل وقوع سیلاب	شرح وقایع و خسارات
		خسارات وارده در مورد قنوات از بین رفته ، باغات و اعیانی و مستغلات و . . . متجاوز از ۲۰۰ هزار تومان ، برآورد شده بود .
۱۲۴۵ شمسی (اردیبهشت)	تهران	سیلاب ناگهانی خندق‌های شهر را برمی‌کند و بداخل شهر سرازیر و حدود ۱۲۰ خانه تخریب می‌گردد و عده زیادی جان خود را از دست می‌دهند .
۱۲۴۶ شمسی (در بهار)	خوزستان	سیلاب‌های مهمی خوزستان را در برمی‌گیرد و منطقه شوش خسارات می‌بیند ، احتمالاً "تاریخ دقیق این حادثه ۱۲۴۸ شمسی است .
۱۲۴۸	مزینان - خراسان	سیلابی عظیم که از دامنه کوه چغتای سرازیر شد ، بیشتر قسمت‌های مزینان را جارو می‌کند ، غالب روستاهای اطراف آن نظیر بهنام‌آباد در حاشیه کویر از بین می‌رود . مزینان حدود یک کیلومتر بالاتر (سمت شمال) از محل تخریب شده مجدداً " ساخته می‌شود و ساکنان اطراف را به سمت خود جلب می‌نماید .
۱۲۴۹	تبریز	سیل مهمی خساراتی به شهر وارد می‌نماید و بیاد بود تلفات جانی ، شعرهایی در کتب ادبی آمده است .
۱۲۴۹ (شهریور)	دامغان	در پی ۲ روز بارندگی ، سیلابی تاریخی جاری می‌شود ولی ظاهراً " تلفاتی در بر نداشته است .
۱۲۵۰ (اردیبهشت)	اسدآباد	سیلابی بنیان‌کن سدی را می‌شکند و اسدآباد به مقدار حدود ۶/۰ متر به زیر آب می‌رود ، تلفات جانی و مالی زیاد بوده است .
۱۲۵۱ (فروردین)	کردستان	سیلاب‌های جاری شده در روستاها خساراتی بر اراضی وارد نمود .
۱۲۶۳ (بهار)	خوزستان	سیلاب استثنائی کارون و سایر رودخانه‌های خوزستان ، پل آب‌بند شوشتر را شکست و سپس باعث شد که تراز آب پائین‌آید و آب بر زمین‌های اطراف سوار نگردد . بند

شرح وقایع و خسارات	محل وقوع سیلاب	زمان وقوع
مربوط به نه‌هاشم در هویزه تخریب شده سبب گردیده که نیمی از شهر تخریب شود .		
سیلاب بزرگی نیمی از شهر تفت را از بین می‌برد در همین زمان در دیگر مناطق ایران نظیر تنگ‌سردره (در شرق تهران) ، هیرمند در سیستان ، هلیل‌رود در کرمان و جیرفت ، سیلاب‌های عمده گزارش گردیده‌اند . همچنین در خوزستان سیلاب‌های عمده جاری شده‌است .	تفت (یزد)	۱۲۶۳
کارون سرریز کرده و مناطق اطراف را به زیر آب می‌برد ، در عوض وضع کشاورزی خوب می‌گردد .	خوزستان	۱۲۷۱ (آذر)
شوررود طغیان می‌کند ولی از خسارات آن گزارشی موجود نیست .	منطقه کرمان	۱۲۷۲
سیلاب در مناطق مختلف ناحیه قزوین خسارات زیادی ببار می‌آورد .	منطقه قزوین	۱۲۷۶
طغیان و سیلاب دلتای هیرمند (بر اثر ذوب شدید برف ارتفاعات) تمام غلات دروشده را با خود می‌برد .	سیستان	۱۲۸۰ (خرداد)
مناطق بالای اسماعیلیه با طغیان کارون زیر آب می‌رود ولی در بهار ، بهترین محصول که در ۱۷ سال قبل بیسابقه بوده است ، عیاد می‌گردد .	خوزستان	۱۲۸۱ (بهمن)
باران سنگین در منطقه شمالی استان بوشهر سبب طغیان رودخانه اهرم در تنگستان و خسارات عمده جانبی و مالی می‌گردد . روحانیون برای مردم درخواست کمک می‌نمایند اما حاکم منطقه به جای کمک در وصول مالیات شدت عمل بخرج می‌دهد .	اهرم (فارس)	۱۲۸۲ (دی‌ماه)
تقریباً " کلیه مناطق این روستا بر اثر طغیان هیرمند بزیر آب می‌رود و به محصولات کشاورزی و احشام خسارت عمده وارد می‌شود .	جازنیک (سیستان)	۱۲۸۴ (خرداد)

زمان وقوع	محل وقوع سیلاب	شرح وقایع و خسارات
۱۲۸۶ (دیماه)	شیراز	در پی بارانی بیش از ۱۱۰ میلیمتر ، سیلاب مهمی در شهر جاری می‌شود ، دیوارهای رودخانه خشک می‌شکند و از قسمت‌های شمال و غرب ، باروی شهر مورد تهدید قرار می‌گیرد . باغات و خانه‌های جدیدی که اطراف و روی خندق‌ها ساخته شده بودند ویران می‌گردند . دروازه ماصفهان با ۲۰۰ متره و ۴ کاروانسرا تخریب می‌گردد ؛ ۶۰۰ خانه ویران می‌شود و بین ۱۵ تا ۵۰ نفر از بین می‌روند . گرچه سیل بندخاکی غرب شهر افزایش ارتفاع یافته بود ولی صدمات حاصل شد . تمام منطقه در محاصره سیلاب قرار گرفت ، در سیوند (شمال شرقی) و در احمدی و دالکی (در جنوب غربی) سیلاب شدید بوده است . مردم آرزو داشتند که منازل خود را در مکان‌های قبلی بنا نمایند ولی روحانیون هرگونه احداث بنا بر روی خندق‌های پرشد را ممنوع می‌نمایند . کمک‌های خارجی ارائه می‌شود ولی مقامات و اهل محل با بی‌تفاوتی با هدایای بیگانه برخورد می‌نمایند . مجدداً " در ۱۱ روز بعد بارانی به مقدار ۶۰ میلیمتر خساراتی بسیار می‌آورد ، قابل ذکر است که بارندگی دیماه در مناطق دیگر بعلت ریزش بصورت برف ، برای کشاورزی مفید می‌باشد .
۱۲۸۷ (اردیبهشت)	مهاان	رعد و برق و رگبار شدید در منطقه ماهان سیل بزرگی برآه می‌اندازد که چند نفر همراه با تعداد قابل توجهی از احشام از بین می‌روند .
۱۲۸۷ (مردادماه)	استرآباد	باران شدید در سواحل بحر خزر ، طغیان رودخانه‌ها را در پی داشت که در استرآباد سبب خسارات جانی و مالی می‌گردد .
۱۲۸۸ (اسفند)	شیراز	بدنبال ۳ روز بارندگی شدید و مداوم ، رودخانه خشک لیریز کرده و دیوار ساحلی خود را می‌شکند و قسمت غربی شهر به زیرآب می‌رود (برای دومین بار در همین زمستان) .
۱۲۸۸ (اسفند)	رفسنجان - اناور منطقه غرب کرمان	بدنبال ۳ روز باران مداوم بویژه در کوه‌های لاله‌زار ، سیلاب مهیبی جاری می‌شود ۱۵ روستا بین لاله‌زار و اناور از بین می‌رود ، فقط خسارات وارد به رفسنجان بیش از ۲۰۰ هزار تومان و خسارت همراه با تلفات جانی بیش از ۴۰۰ نفر و ۴۰۰ نفر بی‌خانمان بود در اناور دیوارها و خانه‌های زیادی توسط سیلاب رو بیده شده و طغیان

شرح وقایع و خسارات	محل وقوع سیلاب	زمان وقوع
<p>رودخانه سبب وارد شدن سیلاب گل بداخل قنوات گشته و اکثر آنها از بین می رود. در شمال شرقی، شمال و غرب کرمان سیلاب خسارات مهمی وارد کرد، راور، زرنند و چترود و بسیاری از روستاهای اطراف در محاصره سیلاب قرار می گیرد و به آنها خسارت وارد می شود، فقط در کرمان، باران شدید و برفهای سنگین در سراسر اسفند ماه خسارات سنگینی را به ساختمانها وارد می نماید. برای کمک به مردم صندوق اعانت تشکیل و به کمک قربانیان رفسنجان می شتابند، منابع آب مشروب شهر توسط اجساد حیوانات و احشام و انسانهای جان باختند در سیلاب؛ شدیداً "آلوده" می شود که سبب بروز اپیدمی و بیماری می گردد. در رفسنجان گزارش شده که روزانه ۵ تا ۶ نفر بواسطه بیماری ناشی از اپیدمی از بین رفتند، ترس از قحطی و فقدان آب آشامیدنی که توسط قنوات تخریب شده متامین می شد، سرنوشتی هولناک برای مردم بوجود آورد.</p>		
<p>بسیاری از مناطق سیستان در این ماه در سیلاب فرورفتند. هیرمند و ارغندآب در افغانستان در ماه اسفند سبب قطع ارتباطات و از بین رفتن جاده ها گردید که تداوم سیلاب و بارندگی ها از بین رفتن محصولات و آذوقه مردم، تخریب منازل و ساختمانها را دنبال داشت.</p>	سیستان	۱۲۸۸ (فروردین)
<p>دریاچه هامون لبریز شده بداخل رودخانه شبله سمت گود زره سرازیر شد. بیشتر مناطق میان کنگی به زیر آب رفت؛ ۴۶ نفر در یک روستا غرق شدند. بسیاری از روستاهای واقع در منطقه مرزی افغانستان و ایران (درد و کشور) از ناحیه سیلاب هادچار خسارت گردیدند. سطح آب برای چندین هفته بالا ماند و در منطقه زابل خسارات وارده به ساختمانها قابل توجه بود افزایش سرعت آب در نهر - کانال شبله سبب قطع ارتباط و عدم حمل و نقل کالا و آذوقه در منطقه توسط قایقها و بلمها گردید. سیلاب و طغیان رودخانهها تا تیرماه ادامه داشت.</p>	سیستان	۱۲۸۹ (فروردین)
<p>دنبال چندین روز بارندگی و طوفان و رعد و برق و تگرگ، سیلهای شدیدی در شمال شرقی ایران، جریان یافت، در قوچان ۳۰۰ خانه تخریب و تعداد زیادی جان خود را از دست</p>	خراسان (شمال منطقه خواف)	۱۲۸۹ (اردیبهشت)

زمان وقوع	محل وقوع سیلاب	شرح وقایع و خسارات
۱۲۹۰ (فروردین)	سیستان	دادند زیراسیلاب در شب اتفاق افتاد . سیلاب در سیستان در بسیاری از نقاط خسارات بسیار آورده و رودخانه شیلانا تیرماه در طغیان بود ماست .
۱۲۹۲	فریدن-چهارمحال بختیاری	در روستاهای اطراف شهرکرد سیلاب شدیدی جاری شد و بیش از ۵۰۰ زن و مرد و کودک غرق شده و سیلاب آنها را می برد ، خسارات وارده به بیش از یک میلیون تومان (از جمله به قنوات) بالغ می شد .
۱۲۹۲ (شهریور)	بیرجند	بدنبال یک بارندگی شدید سیلاب بزرگی در رودخانه جاری می شود ، مشابه چنین سیلابی در پائیز ۵۰ سال قبل اتفاق افتاده بود .
۱۲۹۳	سیستان (فروردین)	وقوع سیلاب شدید در هامون - سیستان .
۱۲۹۳	قوچان (تیرماه)	بعد از سه روز بارندگی مداوم در حوالی امامقلی و علی آقا ، سیلاب مهمی جاری شده و کاروانسرا و راه های ارتباطی از بین می رود و کاروان حامل نفت ، شکر ، غلات با چندین شتر و افراد در مسیر سیلاب نابود می شود .
۱۲۹۳	خراسان (مردادماه)	بدنبال بارندگی شدید سیلابهای مهمی در مناطق نیشابور ، با جگیران شیروان جاری می شود .
۱۲۹۷ (اردیبهشت)	درگز (خراسان)	بدنبال طوفان و رعد و برق ، سیلاب در مشهد جاری می شود .
۱۲۹۹ (فروردین)	منطقه قزوین	بارندگی سنگین ، ذوب برف شدیدی را در پی داشته که در اطراف منجیل سبب شکستن پلها و قطع ارتباطات و همچنین قطع ارتباط جاده قزوین - تهران می گردد .
۱۲۹۹ (آذر)	خوزستان	بارندگی شدید در ماههای آبان و آذر ، بروز سیلاب در خوزستان و کاروان و شکستن پل دزفول و شوش را ببار آورد ، فقط ۴۰۰۰۰ تومان هزینه تعمیر دوپل مزبور گردید .
۱۳۰۱ (مرداد)	رشت	بارانهای سیل آسا در منطقه رشت ، طغیان رودخانه های

شرح وقایع و خسارات	محل وقوع سیلاب	زمان وقوع
منطقه وسیله‌های مهیب را بی‌آورد ۴۲۰ خانه در رشت تخریب می‌شود و تعداد زیادی جان خود را از دست می‌دهند . خط تلگراف قطع شده و خسارات زیادی به مزارع برنج و تنباکو وارد می‌شود . پل سیاهرود و جنوب رشت می‌شکند در روستای " شافت " خانه‌های زیادی از بین می‌رود و احشام همراه سیل می‌رود تعدادی جان خود را از دست می‌دهند . میزان خسارات بسیار سنگین بوده که از طرف دولت کمک‌های مختلفی ارائه می‌شود ، و ملاکین تقاضای کاهش مالیات به میزان ۲۵٪ بعلت خسارات وارده را می‌نمایند .		
باران سیل‌آسا به مدت ۵ روز در منطقه سیلاب‌های مهمی را جاری می‌نماید ، بخشی از پل والرین در شوشتر می‌شکند ، در اهواز ۲۰۰ خانه و مغازه تخریب می‌شود و تعدادی جان خود را از دست می‌دهند ولی خسارات به مزارع و احشام فراوان بوده است . در خرمشهر تعدادی از اعراب همراه با احشام خود از بین می‌روند و شیخ منطقه به کمک مردم بی‌خانمان می‌شتابند و برای نجات شهر دستور ساخت بند سیل‌گیر داده می‌شود . سیلاب به مناطق خلیج فارس گسترش می‌یابد و در شیراز ساختمان‌های زیادی تخریب می‌شوند .	خوزستان	۱۳۰۲ (دیماه)
بارندگی‌های شدید در جنوب ایران بویژه در انار و رفسنجان سیلاب‌های مهمی بی‌آورد در انار نهرهای آب از بین می‌روند و چارپایان غرق شده و ۲ نفر از بین می‌روند و جاده شرقی غربی ایران از کرمان به سمت دیگر نقاط ، توسط سیلاب تخریب می‌گردد .	منطقه کرمان	۱۳۰۲ (آذرماه)
سیلاب شدید در منطقه تلفات جانی و مالی سنگینی را بی‌آورد که از طرف شیروخورشید وقت از مردم مشهد کمک و اعانه جمع‌آوری کردند .	منطقه قائن	۱۳۰۳ (دیماه)
گزارش گردیده است که بعلت سیلاب ۷ روستا از بین رفته و خسارات زیادی به محصولات و به منطقه وارد شد .	منطقه قوچان	۱۳۰۴ (خرداد)
سیلاب‌های شدید بدنبال ذوب شدید برف که آذرگذاشته ،	شیراز	۱۳۰۷ (بهار)

زمان وقوع	محل وقوع سیلاب	شرح وقایع و خسارات
۱۳۰۷ (۱۸ خرداد)	تبریز	به مقدار حدود ۴۵۰ میلیمتر باران، ریزش یافته بود جاری شد و به جاده‌ها و منازل خسارت وارد شد.
۱۳۰۷ (۲۱ مرداد)	تبریز	سیلاب شدیدی جاری می‌شود که به محله بازار شهر وارد شده و حدود ۲۰۰۰ خانه را تخریب می‌نماید و ۱۰ کیلومتر از جاده تبریز-تهران تخریب می‌گردد، تعداد زیادی از روستاهای اطراف توسط سیلاب از بین می‌رود و حداقل ۳۷۵ نفر جان خود را از دست می‌دهند و خسارات وارده، بیش از ۲ میلیون تومان بالغ گردید.
۱۳۱۰ (۱۹ اردیبهشت)	مشهد و حومه	بدنبال سیلاب ۲ ماه قبل، بارندگی سیل‌آسا، سیلاب دیگری را به جریان می‌اندازد که حدود ۱۰۰۰ خانه دیگر را تخریب می‌نماید و تعداد زیادی جان خود را از دست می‌دهند، خسارات به بیش از ۵۰۰ هزار تومان بالغ گردید. محله ما را لان کلا" تخریب می‌گردد، شاه به علت سنگین بودن تلفات در مهر ماه از منطقه بازدید می‌نماید و دستور احداث سد سیل‌گیر شهر را صادر می‌نماید.
۱۳۱۱ (خرداد ماه)	کرمان-ماهان	ایرهای سیاه ضخیم، باران‌های سیل‌آسا در منطقه بوجود می‌آورد. شدت سیل بحدی بوده است که در ظرف چند ثانیه خندق شهر به عمق ۶ متر را پر کرده و وارد شهر می‌گردد، ۱۳۰ خانه تخریب می‌گردد و گوسفندان و احشام و مرغان زیادی همراه سیل می‌روند، کشف رود بنباحی سابق‌های طفیان کرده و خسارات زیادی را در اطراف خود ببار می‌آورد، خسارات وارده بیش از ۱۰۰ هزار تومان بود، هوای مرطوب و بارانی تا مدت‌ها ادامه داشت و جاده تهران-مشهد در چند نوبت آسیب می‌بیند.
۱۳۱۱ (خرداد ماه)	کرمان-ماهان	رگبارهای شدید حارهای تمام منطقه کرمان را در بر گرفته و سیل‌های مهمی در اطراف کرمان بوجود می‌آورد. ۱۵۰ خانه در شرق کرمان از بین می‌رود و تعدادی قنات تخریب می‌شود و عده‌ای جان خود را از دست می‌دهند. ادامه بارندگی شدید در هفته بعد، ترس و وحشت شدیدی بین مردم ببار می‌آورد ولی با هشدار اهالی خسارت جانی کم شده، حداقل ۱۰ میلیون تومان خسارات مالی ببار می‌آید که شامل ۵۰۰ رشته قنات و بیش از ۵۰۰ خانه

شرح وقایع و خسارات	محل وقوع سیلاب	زمان وقوع
محصولات کشاورزی می‌گردد . تلفات جانی بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ نفر گزارش شده است ، و از مردم برای کمک به سیل‌زدگان دعوت می‌شود . اعانات مختلفی جمع‌آوری می‌گردد و در نهایت صرف خیابان‌بندی جدید شهرهای ماهان و کرمان می‌گردد . وقوع این سیلاب‌های مهیب باعث بالا رفتن نرخ غلات و احشام سایر فرآورده‌های کشاورزی گردید که حداقل تا ۵ سال ادامه یافته است .		
سیلاب دیگری در منطقه در این ماه جاری می‌شود که این سیلاب بدنبال بارندگی‌های پی‌درپی بود ما است .	بم ، باغین	۱۳۱۱ (۱۰ مرداد)
باران‌های تاخیری فصل ، در خراسان توام با تگرگ و رگبار بود که در تربت جام سبب از بین رفتن محصولات کشاورزی و قنوات و تعدادی چهارپا (از جمله ۱۵۰ الاغ) و یک انسان می‌گردد ، گرچه خسارات وارده به روستای تایبادخان در شمال شرقی مشهد قابل توجه بود ما است .	تربت جام - تایبادخان	۱۳۱۲ (اردیبهشت)
برای اولین بار بعد از ۲۵ سال در خوزستان و بخش‌هایی از لرستان و بختیاری ذوب‌برف شدید که در پی بارندگی‌های مداوم و سنگین حاصل شد ، طغیان مهمی در رودخانه‌های دز ، کارون و کرخه بوجود آورد . خسارات سنگینی به رام‌آهن و منطقه غرب اهواز وارد شد و به باغات و مزارع خسارات قابل توجه وارد گردید . در اطراف اهواز خاکریزی (سیل‌بند) موقت در اسرع وقت ایجاد می‌شود که شهر رانجات دهند ، به مناطق نفتی و اندیمشک خسارت وارد شد ، در این مدت ۸ نفر بی‌خانمان شدند و ۵ میلیون ریال خسارت وارد شد ، اما سیلاب در خیابان‌های آبادان و خرمشهر بویژه گمرک خرمشهر کالاهای زیادی را از بین می‌برد . اگر سیل‌بند اطراف شهر مرمت شده بود خسارات کمتر بود . مجدداً " سیلاب اردیبهشت خساراتی به پلهای منطقه لرستان وارد نمود .	خوزستان	۱۳۱۳ (بهمن)
باران‌های سنگینی که در اردیبهشت و خرداد ادامه داشت ، سبب جاری شدن سیلاب بویژه در قم گردید و ۱۰۰۰ خانه تخریب و به جاده‌های جنوبی و جنوب شرقی منشعب از	در بیشتر مناطق ایران	۱۳۱۳ (خرداد ماه)

زمان وقوع	محل وقوع سیلاب	شرح وقایع و خسارات
۱۳۱۳ (مردادماه)	فیروزکوه، آوج (آوه) و کرمان	تهران خسارت وارد گردید . به تونل رام‌آهن در گردنه اسدآباد بر اثر سیلاب خسارت وارد شد ، همچنین در فیروزکوه سیلاب ۳۰ نفر را به کام خود برده و در آوه قزوین تخریب و خسارت بی‌آورد و در کرمان تخریب ۸۰ خانه و از بین رفتن بخشی از محصولات کشاورزی حاصل شد .
۱۳۱۳ (۲۱ مرداد)	تبریز	سیلاب مهیبی از قله‌سهند جاری می‌شود که ناشی از باران شدید بر روی برفها ، همزمان با رگبار و تگرگ بوده ، پس از تخریب دهکده پنج‌شلووار وارد تبریز می‌گردد و دیواره هدایت سیلاب را شکسته و تا جاده تهران بر سر راه خود هرچه بوده تخریب می‌نماید . خوشبختانه ، پلیس‌زمان کافی برای اعلام خطر به مردم و تخلیه خیابانها را داشته است که از این رهگذر ، بسیاری از مرگ نجات می‌یابند . ارتفاع سیلاب جاری شده در خیابانها بیش از ۱/۲ متر بوده است . سیلاب به منطقه بازار ، ساختمانهای شهرداری ، زندان (زندانیان فرار می‌کنند ولی بعداً " دستگیر می‌شوند) خسارات عمده وارد می‌نماید . در خیابانها سنگهای بزرگ (هزاران قطعه سنگ) پس از فرو کشیدن سیلاب بر جای می‌نماید و حدود ۲۰۰۰ خانه یا تخریب می‌گردد یا از حیز بهره‌برداری ساقط می‌گردند . کالاهای زیادی در بازار طعمه سیلاب می‌گردد ، منابع آب شهر تخریب می‌گردد . کل خسارات را بیش از ۱۵ میلیون تومان بوده که ارقام رسمی آنها بین ۱۵ تا ۳۰۰ میلیون تومان بوده است . در روز بعد رگباری شدید همراه با رعد و برق وحشت شدیدی در مردم بوجود آورد و سریعاً " شهر در مقابل سیلاب سنگربندی می‌شود ، بعد از بررسی - های مهندسی معلوم می‌شود که علت شکست دیواره سیل بند شهری نگهداری بوده است ، که تصمیم گرفته می‌شود دیواری با مصالح بنائی بعنوان سیل‌گیر ساخته شود ، دولت ۲۰۰ هزار تومان پرداخت می‌کند و بقیه هزینه‌ها به صورت اجباری از مردم گرفته می‌شود .
۱۳۱۴ (بهمن)	سیستان	باران شدید و بی‌سابقه‌ای در منطقه ریزش می‌نماید که جاده

شرح وقایع و خسارات	محل وقوع سیلاب	زمان وقوع
<p>زاهدان- بیرجند شسته می‌شود ، زابل در خطر می‌افتد که نظامیان و مردم فوراً " بندی در اطراف شهر احداث و از بروز خسارات جلوگیری می‌کنند ، با شکستن سدهای سیل بند سیستان بیش از ۵۰۰ هکتار از گندم زارها از بین می‌رود .</p> <p>باران سنگین سبب جاری شدن سیل در منطقه شده و تعدادی جان خود را از دست می‌دهند ، خسارات بیش از ۱۵۰ هزار تومان بوده است .</p>	شیروان	۱۳۱۴ (۲۶ خرداد)
<p>رگبار ، رعد و برق شدید در سرتاسر آذربایجان حاکم شده و در تبریز که هنوز کار احداث سد سیل بند در دست اقدام بوده و بار ارتفاع نهائی نرسیده بود باز هم سیلاب در شهر خسارت ببار می‌آورد و ۱۰ خانه تخریب می‌شود . در بعد از ظهر همان روز سیلاب به بازار مهاباد وارد شده مغازه‌های زیادی را تخریب ، ۲۹ نفر کشته و ۵۶ زخمی و بیش از یک میلیون تومان خسارت وارد می‌شود . در شرفخانه نیز سیلاب خسارت ببار می‌آورد بویژه به محصولات کشاورزی ، جاده‌ها بسته می‌شوند که مدت کوتاهی آنها را باز می‌نمایند .</p>	منطقه تبریز و مهاباد	۱۳۱۵ (۱۲ مرداد)
<p>باران سنگین و سیلاب خسارات به مزارع ، احشام و ساختمانها وارد می‌نماید ، کشت خشخاش منطقه کلا " از بین می‌رود ، در این سال وقوع سیلاب در نائین و اصفهان نیز گزارش شده است .</p>	خراسان - باجگیران	۱۳۱۶ (اردیبهشت)
<p>باججور ابرهای ضخیم و سیاه و ریزشی ناگهانی ، سیلاب سهمگینی بوجود آمد که تقریباً " کل شهرنها وند تخریب شد ، حداقل ۱۰۰ نفر غرق شدند .</p> <p>در این سال در آذربایجان و دزفول وقوع سیلاب گزارش شده است .</p>	نهاوند	۱۳۱۷ (شهریور)
<p>در تمام مناطق شرقی ایران باران سنگین ارتباطات را قطع کرده و سیل‌های گسترده‌ای بویژه در سیستان خسارت ببار آورد (قبل از ذوب کامل برفها و طغیان رودخانه‌ها به واسطه همین عامل) ، در بیرجند و بار سیل جاری شد که به بازار خسارت وارد می‌کند . در سیستان سیلاب در</p>	شرق ایران	۱۳۱۸ (بهار)

زمان وقوع	محل وقوع سیلاب	شرح وقایع و خسارات
۱۳۱۸ (۷ تیر)	تبریز و باراندوز	حجمی حادث می شود که نظیر آن در ۳۰-۴۰ سال اخیر مشاهده نشده بود و به همین جهت خسارات قابل توجهی به مزارع ، روستاها ، قنوت وارد می شود و کانال اطراف زابل در چند منطقه می شکند . سیل بندی که توسط ارتش ساخته شده بود ، شهر را نجات می دهد ولی روستاها بی دفاع باقی می مانند . اما و باد زابل از خرداد تا شهریور در منطقه بیداد می کند که دارو پزشک از تهران به منطقه ارسال می شود .
۱۳۲۰ (فروردین)	یزد	تگرگ سنگین ، رگبار ورعد و برق ، بخش اعظم دشت تبریز رامی شوید ، ۲۰ خانه مستغرق می شود و یک زن کشته می شود ، انبار غلات دولتی در سیلاب فرومی رود ، درباراندوز ۲ روستا صدمه می بیند ، از جلفا نیز خبر می رسد که سیلاب بخش عمده ای از غلات را برده است .
۱۳۲۳ (اردیبهشت)	سمنان	بزرگترین سیلاب مشاهده شده در قرن اخیر در یزد جاری می شود و همراه خود ۲۰۰ خانه را جارو کرده و می برد برای جلوگیری از خسارات بعدی تصمیم باحادث دیواره سیل - بندی در شمال شهر گرفته می شود که حدود ۱۵۰ هزار تومان از طرف کسبه پرداخت می شود .
۱۳۲۵ (بهار)	خوزستان	سیلاب فراگیر سبب قطع ارتباطات منطقه می گردد و به پلها خسارت وارد می نماید ، بخشی از راه آهن نزدیک فیروزکوه توسط سیلاب برده می شود .
۱۳۲۷ (زمستان)	ناحیه اصفهان	سیلاب فراگیر منطقه ارتباطات را قطع می نماید ، خرمشهر در خطر جدی سیلاب قرار می گیرد و بندر از سرویس خارج می شود و فشار به بندر شاهپور وارد می گردد .
		باران و برف سنگین در منطقه سیلاب بیار آورده که تعدادی از روستاها صدمه می بینند و ۲۱ نفر جان خود را از دست می دهند و بسیاری مفقود الاثرو ۲۵۰۰ نفر بی خانمان می گردند ، کمکهای مختلف به سیل زدگان ارائه می شود ، در همین سال زاینده رود طغیان می کند (در فروردین - اردیبهشت) .

زمان وقوع	محل وقوع سیلاب	شرح وقایع و خسارات
۱۳۲۸ (بهار)	خوزستان	بعثت بازندگی های شدید ارتباطات قطع می گردد اما محصولات کشاورزی رشد خوبی می یابند .
۱۳۲۸ (بهار)	سیستان	بعد از سالی خشک ، زمستانی سخت و بهاری پر باران با سیل های فراگیر از راه می رسد و ۳۰ روستا نابود می گردد که ۱۲ تای آنها بزیر آب می رود ، بخشی از غلات دور شده بود که توسط سیل برده می شود هزاران نفر بی خانمان می گردند ، قحطی بر منطقه حاکم می شود . در زابل هر روز ۱۰ نفر در روستاها حدود ۱۰۰ نفر مردند ، آذوقه و ارزاق از تهران حمل و بنحوی توزیع می شود ، ابیدمی تیفوس در زاهدان محشر پیا می کند و مردم از منطقه فرار می نمایند . حداقل ۱۲۰۰۰ پناهنده به مشهد می روند ، بسیاری در مسیر راهها پراکنده می شوند و فلاکت بر مردم مستولی می گردد . از پاکستان ارزاق آورده می شود ، با توجه به خسارات سنگین ، بازسازی منطقه را در برنامه ۷ ساله گسترش کشور قرار می دهند .
۱۳۲۸ (اردیبهشت)	منطقه کرمانشاه	باران سنگین و ذوب برف همزمان با آن ، سیلابی بوجود می آورد که به مزارع و دامها خسارت وارد می نماید . فقط در فصل زمستان بیش از ۵۶۰ میلی متر ریزش داشته است .
۱۳۲۹ (۷ بهمن)	زاهدان	سیلابهای مهم جاری می شود ، ارقام اولیه از اعراق آمیز بوده ولی حداقل ۱۴ نفر جان خود را از دست داده و مال و منال فراوانی از دست می رود و حدود $\frac{1}{3}$ خانه های شهر ویران شده خسارت می بیند .
۱۳۲۹ (اردیبهشت)	میانه	در میانه سیلاب جاری می شود و تعدادی از خانه های کهنه و سست تخریب می شود .
۱۳۲۹ (۸ خرداد)	مشهد	در نتیجه یک توفان کوتاه ولی بارگبار بسیار شدید ، سیل کل شهر را فرامی گیرد ، پلها خسارت می بینند و ۱۵۰۰ خانه ویران می گردد ، تخلیه سریع شهر توسط اهالی بادستور ماموران انتظامی انجام می شود و نظم برقرار می گردد ، اما هیچ نوع برنامه ای برای بازسازی ارائه نمی شود . جمعیت ها و انجمن های مختلف برای جمع آوری کمک و اعانه بسیج

شرح وقایع و خسارات	محل وقوع سیلاب	زمان وقوع
می‌شوند واحداث ساختمان برای کم بضاعت‌ها اعلام می‌شود ولی بعید بنظر می‌رسد که تا زمستان کارهای لازم انجام شود . علیرغم دستورالعمل شهرداری مبنی بر پرهیز از ساختمان مجدد خانه‌های مجاور به خط‌القعرها و نهرها و سیلاب‌روها ، اهالی در همان زمین‌های قبلی مبادرت باحداث بنای جدید نمودند .		

اطلاعات فوق از لابلای روزنامه های مختلف ایران و خارج و اعضای سفارتخانه و کنسولگری انگلستان در ایران جمع آوری و توسط آقای چارلزملویل درمجله مطالعات پارسی " به سال ۱۹۸۴ تحت عنوان " مخاطرات و بلاهای آسمانی (هیدرومتئورولوژی) درایران تا سال ۱۹۵۰ " به چاپ رسیده است .

فصل چهارم - شکست سد

۴-۱ مقدمه

به لحاظ هیدرولیکی، جریان آب پس از شکست سد به حالت جریان متغیر سریع^۱ به بحرانی‌ترین شکل خود در می‌آید. آب ذخیره شده در مخزن سد پس از وقوع شکست، رها شده و جریان سیلابی مخربی در پایین دست ایجاد می‌گردد. در این واقعه سرعت موج به سمت پایین دست بسیار زیاد بوده و معمولاً سریعتر از امواج سیلابی است که ناشی از بارانهای شدید می‌باشند.

مهمترین علل شکست سدها می‌توان لیریز شدن سد در اثر عدم کفایت ظرفیت سرریزها، نشت آب و ایجاد پدیده پایپینگ در سد یا در مسیر مجاری آب بر^۲، لغزش قسمتهای شیبدار بدنه سد، صدمات ناشی از زلزله و پدیده آبگونه شدن یا روانگرایی (بویژه در بدنه و پی سدهای خاکی) و موجهای ناشی از لغزش زمین به درون مخزن^۳ را نام برد. اگر چه موج سیلاب ناشی از شکست سد شباهت زیادی به سیل ناشی از بارشها دارد اما تفاوتهای مهمی نیز بین این دو پدیده وجود دارد که تجزیه و تحلیل سیلاب ناشی از شکست سد را به روشهای موجود و شناخته شده برای سیلهای ناشی از بارشها غیرممکن می‌سازد. پدیده شکست در سدهای متعدد و بنابر دلایل مختلف بوقوع پیوسته است.

سدهای خاکی بویژه در قیاس با سدهای بتنی در صورت لیریز شدن سد در معرفی خرابی قرار می‌گیرند. در همین رابطه براساس گزارش کمیسیون بین‌المللی سدهای بزرگ (ICOLD) دلایل مربوط به خطر شکست در سدها به شرح زیر دسته‌بندی شده است.

شرایط هیدرولیکی جریان سیلاب	۴۵ درصد
نوع سد و جنس مصالح سازه	۳۰ درصد
زمین ساخت - ساختگاه	۷ درصد
بهره‌برداری و نگهداری	۶ درصد
محیط زیست پایین دست	۶ درصد
کهولت سازه، زلزله‌های القایی به لحاظ آگیری و تخلیه مخزن	۶ درصد

اگرچه قبول یا تأیید ارزیابی فوق به لحاظ کمبود اطلاعات مربوطه کارد دشواری است و نیاز به تجزیه و تحلیل و اطلاعات بیشتری می‌باشد، لیکن ارتباط محکم پدیده شکست سد با پارامترها و فاکتورهای هیدرولیک جریان و نوع سد بر اذهان پوشیده نیست. این هشدار خط روشنی است برای مهندسی که در طراحی، محاسبه و انتخاب مواد و مصالح توجه کافی و لازم را معطوف نمایند.

-
- 1- Rapidly Varied Flow
 - 2- Overtopping / Piping
 - 3- Liquifaction / Land Slide

با توجه به اهمیت وجودی سد که به عنوان یک سازه مهم و حیاتی در اقتصاد و صنعت نقش کلیدی دارد، در طراحی آن نیز می‌بایستی از اصول و قوانین استاندارد و بین‌المللی پیروی نموده و ضرایب اطمینان و دقت کافی در طراحی آن به کار گرفته شود.

امروزه جهت تحلیل شکست سد از مدل‌های کامپیوتری نظیر (DAM BREAK) استفاده می‌نمایند. با استفاده از این قبیل مدل‌ها می‌توان خطرات و خسارات بالقوه ناشی از شکست سد را ارزیابی نمود و نتیجتاً به امر انتخاب سیلاب طراحی یاری رساند.

۴-۲ تحلیل خطر شکست سد (Dam Breach Hazard Analysis)

هیچ سد بدون هیچ‌گونه خطر شکست نه ساخته شده و نه ساخته خواهد شد. به لحاظ اهمیت موضوع و وظایف و مسئولیت‌های دشوار جامعه سدسازان و با توجه به محدودیت‌های آماری و اطلاعات، کوشش‌های فراوانی جهت پیش‌بینی و کاهش خسارات به عمل آمده است. اگرچه داده‌های قلیلی از پدیده شکست سدهای دنیا در دست است معیناً مشاهدات و اطلاعات موجود در رابطه با شکل شکست، مدت زمان شکست و نتایج آزمایشات آزمایشگاهی روی مدل‌های فیزیکی و سرعت فرسایش و غیره....، شبیه‌سازی واقعی شکست را با استفاده از مدل‌های ریاضی و مدرن امکان‌پذیر نموده است. در تحلیل خطر شکست شاید بیشترین درجه بلا تکلیفی و عدم قطعیت^۱ را بتوان به شکل یا حالت شکست (نوع شکست)، درجه شکست و طول زمان شکست نسبت داد. میزان و بخش سیلاب و سایر پارامترها نیز نامشخص بوده به طور قطعی نمی‌توان آنها را پیش‌بینی نمود. تاکنون براساس اطلاعات محدودی که در دست است شباهت کاملی بین دو شکست مشاهده نشده و هر یک تحت شرایط بالنسبه ویژه و خاصی به وقوع پیوسته‌اند و این موضوع دال بر پیچیده بودن پدیده مزبور می‌باشد.

۴-۲-۱ تحلیل حساسیت شکست سد

تحلیل حساسیت برای برآورد اثرات هندسه مخزن و ظرفیت ذخیره آن و همچنین ظرفیت انتقال رودخانه در پایین دست با توجه به اندازه، شکل و مدت زمان شکست صورت می‌گیرد. در این تحلیل حدود تغییرات مناسبی انتخاب شده و نهایتاً هیدروگرافهای به دست آمده برای شکست سد مورد مقایسه قرار گیرد:

در انجام تحلیل حساسیت شکست سد موارد زیر به ترتیب می‌بایستی مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد:

- ۱- توسعه و تهیه مدل (Conceptual Model) با فرضیات مختلف شکست.
- ۲- روش تحلیل ممکن است به کمک مدل ریاضی و یا مدل فیزیکی انجام گیرد.
- ۳- مدل می‌بایستی مخزن، سد، مسیر رودخانه در پایین دست و در محدوده تحت تأثیر خطرات احتمالی را شامل شود.
- ۴- انتخاب هیدروگرافهای مناسب برای انجام محاسبات پخش سیلاب در پایین دست.

بر مبنای بررسیهای انجام شده درباره نحوه شکست چندین سد، شکل شکستگیها اغلب در شروع باریک و مثلثی شکل بوده و سپس به شکل ذوزنقه با دیوارهایی با شیب تند توسعه می‌یابد. جدول زیر نمونه‌های مختلف شکل شکستگی با عرض زیاد را ارائه می‌دهد:

جدول شماره ۴-۱ نمونه‌هایی از ابعاد شکست سدها.

ردیف	نام سد - کشور	نوع شکست	ارتفاع قائم D متر	حجم ذخیره "S" میلیون متر مکعب	عرض شکست بر حسب متر	نسبت $\frac{B}{D}$ عرض کف به ارتفاع
۱	مارتین (Martin) - آمریکا	II	۸/۵۰	۱۳۸	۱۸۶	۲۲
۲	خداام (KADAM) - هندوستان	I	۱۲/۵۰	۲۱۵	۱۳۷	۱۱
۳	لاتام (LATHAM) - آمریکا	III	۸	۷	۱۱۱	۱۴
۴	ماچو (Machu) - هندوستان	I	۲۶	۱۰۱	۱۰۶۶	۴۱
۵	ناناک ساگار - (NANAKSAGAR) هندوستان	I	۱۶	۲۱۰	۱۵۲	۱۰
۶	اروس (OROS) - برزیل	I	۳۰/۵	۸۹۶	۲۰۱	۶/۶

I- شکست در اثر لبریز شدن

II- شکست در اثر فرسایش در بی

III- شکست در اثر شکست سرریز(ها)

تحلیل حساسیت شکست سد در مجموع بایستی پاسخگوی موارد زیر باشد:

۱- میزان و حدود عرض شکستگی

۲- حدود سرعت جریان در ناحیه شکستگی

۳- روند کاهش سطح آب در مخزن و افزایش سطح آب در پایاب تا زمانی که ادامه شکست سد نامحتمل شود.

۴- تطبیق زمان فرض شده شکست سد با سرعت محاسبه شده

پس از انجام تحلیل مکانیزم شکست و نتایج حاصله با محتمل‌ترین هیدروگراف به دست آمده از شکست، به محاسبات پخش سیلاب در پایین دست اقدام می‌شود.

۴-۲-۲ پخش سیلاب در دره پایین دست سد

پخش سیلاب ناشی از شکست سد یا محاسبه و پیش بینی نحوه انتشار امواج سیلاب حاصله از زمانهای قدیم مورد توجه مهندسين هیدرولیک بوده است. حدود یکصد سال قبل سن و نان^۱ فرمولبندی هیدرولیک جریان غیر دائمی و مدل دینامیکی یک بعدی جریان را پس از دانشمندانی نظیر نیوتن (۱۶۸۷ میلادی)، لاپلاس (۱۷۷۶)، پواسون (۱۸۱۶) و بوسینک (۱۸۷۱) که در این زمینه تحقیقات زیادی نموده‌اند ارائه داده است. اگر چه فرمول و مدل سن و نان به عنوان مدل پایه مورد توجه قرار می‌گیرد ولی از آنجا که برای حل معادلات دیفرانسیل جزئی روش تحلیلی وجود ندارد، مدل‌های تقریبی و ساده شده مختلفی برای محاسبه و پیش بینی انتشار امواج سیلاب ارائه گردیده است.

وقوع سیلاب و امواج ناشی از شکست سد به لحاظ هیدرولیکی همانند معادلات جریان غیردائمی متغیر سریع بوده و به لحاظ اینکه حل تحلیلی معادلات فوق غیر ممکن بوده و حل عددی این معادلات با دست نیز مشکل و غیرممکن است روش‌های ساده شده مختلفی به شرح زیر ارائه گردیده است:

روش کاملاً تجربی.

خطی کردن معادلات (با توجه به اصل بقاء جرم و رابطه تقریبی آن).

مدل‌های ریاضی هیدرولیکی ساده شده (بقاء جرم و شکل ساده شده معادله ممتهم).

به طور کلی چند روش ساده شده پخش سیلاب که مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارت‌اند از:

الف - مدل‌های پخش سیلاب ساده شده (مدل‌های هیدرولوژیکی) شامل:

- پخش سیلاب بر اساس ظرفیت ذخیره (Storage Routnig).

- پخش سیلاب در مسیر رودخانه به روش ماسکینگام (Muskingum - Cunge).

ب - مدل‌های ریاضی هیدرولیکی ساده شده شامل:

- مدل کینماتیک (Kinematic).

- مدل دیفیوژن (Diffusion).

- مدل جریان شبه ماندگار (Quasi - Steady Model)

طی چندین دهه گذشته با توجه به توسعه و ساخت ماشینهای محاسباتی مدرن، حل کامل معادلات دینامیکی سن و نان امکان‌پذیر شده و امروزه روش‌های مختلفی برای انجام محاسبات پخش سیلاب و انتشار امواج حاصله از شکست سد با روش‌های هیدرولیکی و حل معادلات دینامیکی به صورت مدل‌های یک بعدی و دو بعدی به وجود آمده است.

1- ST. Venant

مدلهای کامل امواج دینامیک حاصل از شکست سد براساس راه‌حلهای زیر ارائه شده‌اند:

۱-۲-۲-۴ روش خصوصیات (Characteristics Method)

این روش به لحاظ کارآئی آن در سرعت زیاد امواج حاصله بویژه در آبراهه‌های با شیب تند روش مناسبی بوده لیکن به لحاظ اینکه تنها برای مقاطع با هندسه منظم قابل استفاده است در محاسبات پخش سیلاب در آبراهه‌های طبیعی کاربرد چندانی ندارد.

۲-۲-۲-۴ روشهای مستقیم (Direct Methods)

در این روش مقادیر تقریبی تفاضل محدود (Finite Difference) برای مشتقات جزئی مستقیماً در معادلات دینامیکی جایگزین شده و سپس برای زمانها و طولهای افزایشی^۱ حل تقریبی معادلات نتیجه می‌گردد. در این روش با استفاده از طرحهای مختلف غیر گویا و گویا^۲ معادلات دیفرانسیل سن و نان به آسانی به دسته معادلات جبری تبدیل و سپس حل می‌گردند.

۳-۲-۲-۴ روشهای اجزای محدود (Finite Element Methods)

این روش برای حل کامل معادلات سن و نان به کار برده می‌شود. روش فوق تمایز زیادی نسبت به روش حل با طرحهای گویا و غیرگویا و حل معادلات دینامیکی غیرخطی نداشته و محاسب تنها براساس تسلط خود روش مورد نظر را انتخاب می‌نماید. لیکن مدل‌سازی به روش اجزای محدود اغلب برای مدل‌های دو بعدی متداول می‌باشد در حالی که در پخش سیلاب در دره پایین دست، مدل‌های یک بعدی و شبه دو بعدی به عنوان مدل‌های مناسب توصیه شده است.

۳-۲-۴ شرایط محلی پایین دست

یکی از گامهای مهم در مدل‌سازی شکست سد، جمع‌آوری و بررسی اطلاعات و شرایط محلی پایین دست می‌باشد. حتی استفاده از مدل‌های ساده به جای مدل‌های پیچیده ریاضی نیز مستلزم آگاهی از اطلاعات و بررسیهای فوق‌الذکر است. اهم نکاتی که می‌بایستی مورد ملاحظه و ارزیابی قرار گیرند به شرح زیر است:

- توزیع سرعت جریان.
- ورود جریان از رودخانه به اراضی مجاور و در مسیر جاده‌های وارزیابی خسارات ناشی از آب شستگی و فرسایش.

1- Incremental Length / Incremental Time
2- Implicit & Expleit

- امکان بروز خرابیهای موضعی مناطقی که در مدل یک بعدی پیش بینی نشده است.

۴-۲-۴ ارزیابی خسارات بالقوه و تحلیل ریسک

نتایج حاصل از تحلیل حساسیت شکست سد و پخش سیلاب ناشی از شکست سد در ارزیابی خسارات بالقوه مورد استفاده قرار می‌گیرند. اهم مواردی که می‌بایست مورد تحقیق و بررسی قرار گیرند عبارتند از:

۱- انواع خسارات بالقوه شامل:

- خسارات ناشی از جریان دینامیکی در سد و مجاور آن.

- خسارات ناشی از بالا آمدگی سطح آب در سراسر مناطق مورد مطالعه و تحت تأثیر.

- خسارات ثانویه نظیر خرابیهای مناطق صنعتی و ایجاد بیکاری در منطقه.

- خسارات ناشی از بین رفتن تولیدات پروژه و هزینه‌های سرمایه‌گذاری بر روی طرح.

۲- خسارات جانی:

- ارزیابی میزان خسارات بالقوه جانی در پایین دست و تعیین محل تمرکز و تجمع جمعیت با توجه به زمان

رسیدن موج سیلاب به محل مورد نظر.

۳- طبقه بندی خطرات و خسارات بالقوه:

با مقایسه خطرات حاصل از سیلابهای طبیعی با خطرات برآورد شده از شکست سد می‌توان خسارات و خطرات ناشی از شکست را طبقه‌بندی و یا درجه بندی نمود.

۴- تحلیل ریسک :

با ارزیابی و برآورد احتمال وقوع هر سیلاب بر حسب انواع مختلف شکستها و بزرگی خطرات مربوطه، آنالیز ریسک انجام می‌گیرد.

۴-۲-۵ نتایج تحلیل شکست سد

نتایج مربوط به تحلیل شکست سد معمولاً شامل موارد زیر می‌باشد:

۱- شرح روش و راهنماییها برای تفسیر و تحلیل نتایج.

۲- خلاصه‌ای از نتایج حاصل از تحلیل حساسیت شکست سد.

۳- خلاصه‌ای از محاسبات پخش سیلاب در دره پایین دست.

۴- نتایج محاسبات روی نقشه‌هایی با مقیاس مناسب.

۵- ارزیابی خسارات ناشی از سیلاب در رابطه با سازه‌ها و ساختمانهای دائمی.

۶- ارائه لیست اطلاعات ورودی استفاده شده در مدل.

۷- نقشه خطوط تراز دره پایین دست.

- ۸- نقشه محل مقاطع عرضی رودخانه مورد مطالعه.
- ۹- اطلاعات مربوط به رسیدن موج سیلاب و زمان مربوط به تراز حداکثر سطوح آب در نقاط مختلف مورد مطالعه.
- ۱۰- حداکثر تراز آب سیلاب در کلیه مناطق مورد مطالعه.
- ۱۱- سایر اطلاعات ویژه.

- 1- D. L. Fread, DAMBRK: The N.W.S Dam break flood Forecasting Model, 1988 Office of Hydrology, National Weather Service, Silver Spring.
- 2- D. L. Fread, John wiley and Sons, Channel, Routing. In M.G. Anderson and T.B. Burt (ED.) Hydrological Forecasting, London, 1985.
- 3- U. S. National Weather Service, DAMBRK, Users Manual.
- 4- Raymond Walton, Bengt A. Christensen, Friction Factors in Storm Surges Over Inland Areas, Journal of Waterways, Port and Ocean Division. ASCE, 1980
- 5- V. T. CHOW "Open Channel Hydraulics" 1959.
- 6- Classification of Risks, ICOLD, 1973 Madrid - 11 - 15 - June.

فصل پنجم - مروری بر ضوابط و استانداردهای انتخاب سیلابهای طراحی سدها

مطالب مندرج در این فصل، مروری اجمالی بر استانداردها، ضوابط، پیشنهادات، دستورالعملها و راهنمای انتخاب سیلاب طراحی سدها در بیست و هفت کشور جهان می‌باشد. هدف از تهیه و تنظیم و ارائه این مطالب، انعکاس دقیق و کامل استانداردها و ضوابط راهنما نیست بلکه منظور آن است که روش برخورد ملل مختلف با این مقوله معرفی و در معرض افکار و قضاوت کارشناسان و مهندسان ایرانی و دست‌اندرکاران حرفه مهندسی سدسازی قرار گیرد تا بدین طریق، زمینه‌های لازم جهت تدوین ضوابط ملی و استانداردهای ایمنی سدهای ایران در مقابل سیلابها مهیاتر گردد.

روش کار برای تهیه این فصل بدین صورت بوده که ابتدا منابع و مراجع فنی ذیربط و قابل دسترس شناسایی و گردآوری شد. پس از اتمام این مرحله مقدماتی و تدارکاتی، چکیده‌ای به فارسی از مطالب گردآوری شده تهیه گردید، و در مرحله بعد کار تلفیق و تنظیم متن و تدوین این فصل از نشریه حاضر انجام پذیرفت، بخش عمده‌ای از مطالب این فصل از مقالاتی استخراج شد که در کنگره‌های بین‌المللی سدهای بزرگ ارائه گردید و از این رو سطح فنی و حرفه‌ای مشخصی را می‌توان به این گروه از مطالب منتسب نمود. همچنین متون اصلی استانداردهای بعضی از کشورها نیز در اختیار بوده که مستقیماً مورد استفاده قرار گرفته است و بالاخره از آنجا که منظور معرفی روش برخورد ملل مختلف با مقوله سیلابهای طراحی می‌باشد، سایر مدارک ذیربط و قابل دسترس نیز بررسی و نتایج مربوطه عنداللزوم در جزوه منعکس شده است.

با توجه به مراتب فوق لازم است تصریح شود که :

اولاً، منظور از تهیه این فصل، ترجمه کامل و ارائه استانداردهای کشورهای مختلف نبوده بلکه صرفاً معرفی روش برخورد با مسئله مدنظر بوده است و از این رو ضمن رعایت اختصار، حتی المقدور از پرداختن به جزئیات پرهیز شده است.

ثانیاً، این جزوه یک پیش نویس اولیه برای جلب و کسب نظرات کارشناسان و مهندسين کشور است و عملاً فاقد پیشنهادات صریح و مشخص برای طبقه بندی سدهای ایران و انتخاب سیلابهای طراحی مربوطه می‌باشد، مع هذا جمیع اجزاء و عناصر مهم کار استخراج و ارائه گردیده تا ضمن تمرکز مباحثات بر موارد مطروحه، شرایط لازم برای تدوین استانداردهای ملی در زمینه ایمنی سدهای ایران در برابر طغیانها مهیاتر گردد.

بررسیها و تحقیقات بین‌المللی نشان داده است که عدم کفایت تأسیسات تخلیه کننده طغیان یکی از مهمترین عوامل شکست سدها در سراسر جهان می‌باشند و از این رو پایداری و ایمنی سدها در برابر سیلابها را بایستی از جنبه‌های مهم مهندسی سدسازی به شمار آورد. مطالعات بالنسبه جدید در ایالات متحده حاکی از آن است که حدود ۳۰ درصد از کل ۶۶۰۰۰ سد موجود در آن کشور از «ایمنی مطلوب» برخوردار نبوده و این امر در $\frac{۳}{۴}$ از موارد به علت کمبود ظرفیت سرریز سدها برای تخلیه طغیانها گزارش شده است. (Serafim , 1984). واریسی بالغ بر ۳۰۰ سانحه که منجر به شکست سدها در نقاط مختلف جهان گردیده است مؤید آن است که ۳۵ درصد از این سوانح به علت کمبود ظرفیت سرریزها برای تخلیه ایمن سیلابها رخ داده است. (Kite , 1985). تجربیات دفتر عمران ایالات متحده نیز نشان می‌دهد که سهم سیلابها در تخریب و شکست سدها به ۴۱ درصد از کل سوانح می‌رسد و چنانچه ۷ درصد از سوانح نیز به حساب «خطا و اشتباه در بهره برداری» منظور شود، در آن صورت علت شکست یکی از هر دو سد تخریب شده را باید لبریز شدن آنها دانست. (Q₆₃ GR, 1988)

سدها سازه‌هایی پرهزینه و گران قیمت‌اند؛ تبعات و پیامدهای ناشی از شکست سدهای عظیم و مهم غالباً خسارات و ضایعات سنگین اجتماعی و اقتصادی را بر جامعه تحمیل می‌کند. بنابراین انتخاب سیلاب طراحی مناسب یکی از اقدامات اساسی برای دستیابی به درجات مطلوب ایمنی سدها در برابر طغیانها تلقی می‌شود. از آنجا که، مسائل و پیامدهای اقتصادی و اجتماعی شکست سدها نیز وزن و سهم قابل ملاحظه‌ای دارد، اهمیت این قبیل بررسیها به حیطه‌ای فراتر از جنبه‌های فنی گسترش یافته و معمولاً نوعی سیاست‌گذاری عمومی را طلب می‌کند.

حدود و دامنه مطالبی که در این فصل مورد بحث قرار می‌گیرد عبارت است از :

– مروری بر معیارها و ضوابط انتخاب سیلاب طراحی در تعدادی از کشورهای جهان و ارائه تلخیصی از اینگونه معیارها، با هدف معرفی اجمالی روش برخورد ملل مختلف با مقوله سیلاب طراحی و کمک به آماده‌سازی زمینه‌های لازم جهت تدوین ضوابط ملی ذریبط.

لازم به یادآوری است که سیلاب طراحی برای مقاصد مختلف و طراحی انواع سازه‌های هیدرولیکی مورد نیاز می‌باشد ولی در اینجا فقط سیلاب طراحی سدهای به اصطلاح دائمی و غیرموقت مورد توجه و بحث قرار می‌گیرد.

همچنین به خاطر اجتناب از حجیم شدن این نشریه، از پرداختن به جزئیات خودداری شده و حتی‌المقدور مهمترین جنبه‌ها و رئوس مطالب درج گردیده است.

بخش اعظم مطالب از مقالاتی استخراج شد که در کنگره‌های جهانی سدهای بزرگ و بویژه آخرین کنگره (۱۹۸۸ میلادی) ارائه گردیده و در پاره‌ای موارد نیز اصل مدارک اعم از استاندارد، راهنما و یا توصیه‌های ملی در اختیار بوده است. کلیه اسناد و مدارک مورد استفاده در بایگانی «گروه کاری سیلابهای طراحی» موجود بوده و علاوه بر آن، خلاصه‌ای از کلیه مقالات ذریبط نیز تهیه شده است. در انتهای این فصل یک جمع‌بندی کلی از معیارهای رایج در سطح کلیه کشورهای مورد بررسی به عمل آمده و مهمترین عوامل مؤثر در امر انتخاب سیلاب طراحی سدها ارائه شده است.

با توجه به مراتب فوق نحوه تنظیم دنباله مطالب مندرج در این فصل بدین صورت است که ابتدا کلیاتی درباره اصول و مفاهیم مرتبط با سیلاب طراحی و انتخاب آن ذکر می‌شود، سپس چکیده‌ای از ضوابط و راهنمای مورد عمل در کشورهای مختلف ارائه می‌گردد و در خاتمه ضمن بحث درباره کلی‌ترین جنبه‌ها و پارامترهای مؤثر در انتخاب سیلاب طراحی، برخی از جنبه‌های خاصی که در ایران مطرح می‌باشد عنوان خواهد شد.

۵-۲ کلیات

سیلاب طراحی^۱ عبارت است از هیدروگراف و یا حداکثر آبدهی لحظه‌ای یک سیل^۲ که مینا و اساس تصمیم‌گیری در موارد ذیل محسوب می‌شود (Unesco, 1982):

- طراحی سازه یا بهره‌برداری از آن.
- ارزیابی رفتار سازه و پیامدهای ذریبط.
- برنامه‌ریزی کنترل طغیانها.

سیلاب طراحی را می‌توان سیلی با دوره بازگشت معین، یک سیل تاریخی و یا سیلاب حداکثر محتمل (و یا درصدی از آن) در نظر گرفت. انتخاب سیلاب طراحی عملاً به مفهوم آن است که یک درجه حفاظت مشخص و معین برای سازه پذیرفته و تعریف شود. درجه حفاظتی که با انتخاب سیلاب طراحی تأمین می‌گردد، تابعی از پیامدهای بالقوه‌ای است که بر اثر جاری شدن طغیانهایی بزرگتر از سیلاب طراحی پدید می‌آید. به عبارت دیگر هر چه پیامدهای بالقوه ناشی از شکست سد شدیدتر و جبران ناپذیرتر باشد، انتخاب درجات بالاتری از حفاظت و ایمنی را می‌توان موجه‌تر دانست. به طریق اولی، هر جا پتانسیل خسارات و ضایعات شکست سد اندک و جزئی باشد، درجات پایین‌تری از ایمنی (انتخاب سیلابهای طراحی کوچک) کافی و مناسب تلقی می‌شود. بدین ترتیب منطقی‌ترین روش برای انتخاب سیلاب طراحی توسل به تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی می‌باشد که ضمن آن هزینه‌ها و فایده‌ها ارزیابی و مقایسه می‌گردد و مآلاً درجه مطلوب ایمنی (و سیلاب طراحی) به روش «کمیته‌یابی هزینه‌های کل سالانه»^۳ محاسبه و تعیین می‌گردد (Unesco, 1976 Goodman, 1984). معهداً کاربرد این روش در بسیاری از موارد با اشکال مواجه می‌شود زیرا تعیین هزینه‌های مرتبط با برخی از اقلام (مثلاً ارزش پولی تلفات انسانی، مجروحین، قطع آب و برق، بیکاری یا رکود در فعالیتهای اجتماعی) کار ساده و آسانی نیست. به همین دلیل سیلاب طراحی را در بسیاری از کشور جهان بدون کاربرد روش به‌گزینی فوق‌الذکر، انتخاب می‌کنند. رایج‌ترین شیوه برای انتخاب سیلاب طراحی معمولاً بدین صورت است که ابتدا سدها را از جنبه‌های مختلف طبقه‌بندی می‌کنند. این گونه طبقه‌بندی می‌کنند. این گونه طبقه‌بندیها غالباً در چند مرحله و به اشکال مختلفی انجام می‌پذیرد به طور مثال:

- برحسب اندازه و بزرگی سد (حجم مخزن، ارتفاع سد، طول تاج، ویژگیهای پی)
- با توجه به اهمیت و نقش سازه در اقتصاد ملی، منطقه‌ای یا محلی
- براساس نوع و مصالح مصرفی در ساختمان سد (بتونی قوسی، بتونی وزنی، خاکی، سنگریزه‌ای و.....)
- با عنایت به خطرات بالقوه جانی و ضایعات اقتصادی و اجتماعی ناشی از شکست سد (شدید، متوسط، جزئی).

در مرحله بعد یعنی پس از طبقه‌بندی و تفکیک سدها و جای دادن آنها در طبقات یا کلاسهای مختلف، یک سیلاب طراحی (و یا دامنه‌ای از مقادیر) برای هر کلاس یا طبقه توصیه و پیشنهاد می‌شود.

-
- 1- Design Flood
 - 2- Peak Discharge
 - 3- Minimization of Total Annual Costs

مطالعه و بررسی تجربیات ملل دیگر در زمینه انتخاب سیلاب طراحی سدها دارای این حسن می‌باشد که روشهای مختلف برخوردار به یک مسئله واحد را آشکار می‌کند و زمینه‌های مناسب برای تهیه و تدوین استانداردهای ملی را مهیا می‌سازد.

در بعضی از کشورها برای طراحی سدها از دو سیلاب متفاوت استفاده می‌شود که عبارتند از: «سیلاب طراحی سرریز» و سیلاب طراحی برای آزمون پایداری سازه. «سیلاب طراحی سرریز» سیلابی است که پس از ورود به دریاچه سد، بی آنکه خسارت و آسیبی به سد وارد سازد تخلیه می‌گردد؛ تراز آب دریاچه سد در حین تخلیه سیلاب مزبور به بالاترین سطح مجاز و پیش‌بینی شده می‌رسد که به اندازه ارتفاع آزاد انتخابی (Free – board) پایین‌تر از تاج سد می‌باشد. سیلاب طراحی سرریز در بعضی از ممالک سیلاب ورودی به دریاچه سد و در بعضی دیگر همان سیلاب پس از استهلاک و تعدیل در مخزن سد منظور می‌شود. چنین سیلابی در کشورهای مختلف به اسامی NDF , SDF , PDF , IDF , RDF نامیده می‌شود.^۱

«سیلاب طراحی برای آزمون پایداری سد» معمولاً سیلابی بزرگتر از سیلاب طراحی سرریز است. این سیلاب برای آزمایش پایداری سازه در شرایطی فرضی به کار می‌رود که طغیانی عظیم رخ می‌دهد. نتایج این آزمون نشان می‌دهد که در صورت وقوع چنان سیلابی آیا پایداری پیکره و بدنه اصلی سد همچنان حفظ می‌شود یا شکست سد محتمل است، و چنانچه صدمه و خسارتی بر اجزاء و ملحقات سد وارد شود، آیا این امر پذیرفتنی و قابل قبول است یا خیر؟ سیلاب طراحی برای آزمون پایداری به اسامی مختلفی از جمله $Crue$, CF , SEF , ADF و $Extreme$ نامیده می‌شود، که همگی یک مفهوم را بیان می‌کنند.

نتایج جمع‌بندی شده پاره‌ای تحقیقات بین‌المللی درباره سیلاب طراحی سرریز سدها در کشورهای مختلف جهان که حدود بیست سال پیش انجام پذیرفته در جدول زیر منعکس شده است (Kite, 1977):

جدول شماره ۵-۱ سیلابهای طراحی سدها (kite, 1977)

سیلاب طراحی سرریز	طبقه یا کلاس سد
سیل ۱۰۰۰ ساله سیل ۵۰۰ ساله	۱- سدهای بزرگی که شکستن آنها بین تلفات جانی را پدید می‌آورد: سدهای خاکی سدهای بتونی یا سنگی سیمانی
سیل ۵۰۰ ساله	۲- سدهای پرهزینه، بدون خطر بالقوه تلفات جانی
سیل ۱۰۰ ساله	۳- سدهایی با هزینه متوسط
سیل ۲۰ ساله	۴- سدهای کوچک

جدول فوق نشان می‌دهد که دامنه سیلاب طراحی سرریز سدها در بسیاری از کشورها و در سطح بین‌المللی بین سیلاب ۲۰ تا یکهزار ساله نوسان داشته است. تحقیقات انجام شده حاکی از آن است که مثلاً در کشور ژاپن که تعداد سدهای موجود آن بالغ بر ۷۰۰ واحد می‌باشد. متوسط سیلاب طراحی سرریز سدها معادل سیلابی با دوره بازگشت ۲۰۰ سال است و بدین ترتیب از دیدگاه آماری می‌توان انتظار داشت که هر ساله ۸ تا ۹ باب از سدهای آن کشور در معرض سیلابی بزرگتر از سیلاب طراحی قرار گیرند. (Goodman, 1984). سیل طراحی در بعضی

1- Recommended Design Flood; Inflow Design Flood; Project Design Flood; Spillway Design Flood; Normal Design Flood.
2- Abnormal Design Flood; Safety Evaluation Flood; Check Flood.

از ممالک غربی بویژه کانادا، ایالات متحده آمریکا، انگلستان و چند کشور دیگر به مراتب کارانه تر انتخاب می‌گردد.

۳-۵ ضوابط و معیارهای انتخاب سیلاب طراحی

ضوابط و معیارهای انتخاب سیلاب طراحی در کشورهای مختلف جهان از تنوع چشمگیری برخوردار است. برخی ممالک اقدام به گروه‌بندیها و طبقه‌بندی تفصیلی سدها نموده‌اند. بعضی دیگر نوعی طبقه‌بندی ساده‌تر را برگزیده و تعدادی نیز صرفاً به توصیه یک سیلاب معین اکتفا کرده‌اند. کلیه اسناد و مدارک موجود و قابل دسترس نیز به یک میزان تفصیلی و جامع نیست معهداً از جمیع مدارک و مستندات قابل دسترس استفاده شده تا بدین طریق طیف وسیع‌تری از روش برخورد ملل مختلف با این مقوله ارائه شود.

توزیع جغرافیایی کشورهای مورد بحث به شرح زیر است:

- آسیا و اقیانوسیه : چین، ژاپن، هندوستان، شوروی، استرالیا.
- اروپا : فرانسه، انگلستان، اتریش، هلند، سوئد، فنلاند، سوئیس، اسپانیا، پرتغال^{*}، رومانی، بلغارستان^{*}، چکسلواکی، لهستان، بلژیک^{*}، آلمان غربی^{*}، نروژ
- آمریکا : کانادا، ایالات متحده، مکزیک
- آفریقا : مصر، آفریقای جنوبی، زیمبابوه

ذیلاً خلاصه‌ای از ضوابط انتخاب سیلاب طراحی در کشورهای فوق‌الذکر آمده است.

۳-۵-۱ سوئیس

سیلاب طراحی سرریز سدهای سوئیس یکهزار ساله است. سطح آب دریاچه سد هنگام ورود سیل هزارساله به مخزن برابر با تراز نرمال فرض می‌شود؛ برای تخلیه سیلاب علاوه بر سرریز اصلی از سایر مجاری خروجی نیز استفاده می‌گردد و فرض بر آن است که در چنین شرایطی، فقط بزرگترین دریاچه مربوط به یکی از مجاری خروجی مسدود و غیر قابل استفاده است. برای آزمون پایداری سازه و تعیین حداقل ارتفاع آزاد، سیلابی با بزرگی $1/5$ برابر سیل هزارساله در نظر گرفته می‌شود. حداقل ارتفاع آزاد برای سدهای خاکی معمولاً $1/5$ تا 3 متر و برای سدهای بتونی $0/5$ تا یک متر می‌باشد ($Q_{63R_{22}}$) (1988). قابل ذکر است که وسعت کشور سوئیس در حدود 41000 کیلومتر مربع بوده و دو سوم حوزه‌های آن کشور مساحتی کمتر از 50 کیلومتر مربع دارند.

۳-۵-۲ نروژ

ضوابط و مقررات سدسازی که از اوائل ۱۹۸۱ میلادی در نروژ به مورد اجرا گذاشته شد کلیه سدهایی را شامل می‌گردد که ارتفاع آنها بیش از چهارمتر و گنجایش مخزن آنها بیش از نیم میلیون متر مکعب باشد. طبق ضوابط مزبور برای طراحی سرریز و سایر مجاری خروجی سدها باید از سیلاب طراحی و سطح آب متناظر با همان سیلاب استفاده شود. همچنین برای آزمون ایمنی و پایداری سد بایستی سیلاب حداکثر محتمل را در نظر

*- اطلاعات مربوط به این کشورها از یک گزارش کارشناسی که در ایران تهیه شده استخراج گردید.

گرفت. سیلاب طراحی سدهای بتونی نروژ سیلاب یکهزار ساله و برای سدهای خاکی و سنگریزه‌ای سیلاب حداکثر محتمل (PMF) انتخاب می‌شود زیرا لیریز شدن اینگونه سدها مجاز و جایز نمی‌باشد. مقررات مزبور توصیه می‌کند که حتی‌المقدور باید از سرریزهای آزاد و فاقد دریچه استفاده شود تا بدین طریق بر سهولت بهره‌برداری و ایمنی سازه افزوده شود. مفروضات زیر هنگام ورود سیل طراحی به مخزن سد باید رعایت شود:

- سطح آب مخزن در تراز نرمال قرار دارد.
- نقل و انتقال بین حوزه‌ای آب، در بحرانی‌ترین وضعیت است یعنی کلیه آبهای انتقالی به داخل حوزه همچنان جریان دارد ولی هرگونه انتقال آب به خارج از حوزه به کلی قطع شده است.

کشور نروژ هم اکنون با کمبود داده‌های سیلابهای لحظه‌ای و داده‌های مورد نیاز برای محاسبه PMF روبه‌روست و از این رو برنامه تحقیقاتی مشترکی را با کمک انگلستان دنبال می‌کند. (Q63 R28, 1988).

۵-۳-۳ هلند

این کشور به واسطه شرایط خاص توپوگرافی، فاقد محل مناسب برای احداث سدهای مخزنی می‌باشد لیکن دایکها یا سدهای خاکی ساحلی که بیش از ۵۰ درصد اراضی پست‌تر از دریای این کشور را در برابر طوفانهای دریای شمال حفاظت می‌کند برای طوفانهایی با دوره بازگشت ۳۳۰۰ سال طراحی و اجرا شده است. (Unesco, 1976).

سابقه فروریختن بخشی از دایکهای ساحلی در سال ۱۹۵۳ میلادی که منجر به خسارات عظیم مالی و تلفات جانی گردید، انتخاب این استاندارد جدید را ایجاب نموده است.

۵-۳-۴ فرانسه

طبق ضوابط قدیم، سیلاب طراحی سدهای فرانسه به روش به‌گزینی تعیین می‌شده است. در این روش، هزینه‌های سیستم تخلیه طغیان و خسارات بالقوه ناشی از شکست سد در برابر طغیانهای مختلف مورد توجه قرار می‌گیرد و با انتخاب و گزینش سیلاب بهینه، هزینه‌های مزبور به حداقل رسانده می‌شود. در مواردی که شکست سد بروز یک «فاجعه ملی» را در پی داشت، سیلاب طراحی، به رغم بررسی‌های اقتصادی فوق‌الذکر، معادل سیل ده هزار ساله انتخاب و چنان سیلابی عملاً حد بالای فیزیکی و منطقی سیلابزایی حوزه‌های تلقی می‌شده است. (Q41 R8, ۱۹۷۳).

ضوابط جدید بازرسی و بررسی ایمنی سدهای موجود آن کشور که اخیراً منتشر شده (Q63 R78, ۱۹۸۸) سیلاب طراحی سدها را به شرح زیر ذکر می‌کند:

- سدهای بتونی و سنگی - سیمانی..... سیل یکهزارساله.
- سدهای خاکی، سنگریزه‌ای یا سنگی بدون ملات سیمان..... سیل ده هزار ساله.

۵-۳-۵ بلژیک، آلمان غربی، پرتغال

سیلاب طراحی در هر سه کشور سیلاب یکهزارساله ذکر شده است (Constantinescu, 1983) طبقه‌بندی مشخصی از سدها در این ممالک در دست نمی‌باشد.

۵-۳-۶ اسپانیا

طبق «دستورالعمل طراحی، احداث و بهره‌برداری از سدها» سیلاب طراحی سرریز کلیه سدهای بزرگ اسپانیا سیلی با دوره بازگشت پانصد سال انتخاب می‌شود. برای آزمون پایداری سد در برابر سیلابهای استثنایی و بزرگتر از سیل پانصد ساله، رفتار سازه در برابر سیلابی که سد را درست در آستانه لیریز شدن قرار می‌دهد، مطالعه می‌شود. در این کشور، نسبت سیل آزمون پایداری به سیلاب پانصد ساله (پس از استهلاك در مخزن) را «ضریب اطمینان» یا «ضریب ارتفاع آزاد» می‌نامند. (Q₆₃R₆₅, 1988)

۵-۳-۷ سوئد

کمیته سیلابهای طراحی سرریز سدهای سوئد که در سال ۱۹۸۳ تشکیل شد، راهنمای جدیدی را در دست تهیه دارد (Q₆₃R₆₇, 1988) سیلاب طراحی بسیاری از سدهای بزرگ سوئد سیل یکهزار ساله بوده است. (Q₆₃R₆₁, 1988).

۵-۳-۸ اتریش

سیلاب طراحی سدها در اتریش دارای دوره بازگشت پانصد تا پنج هزار سال می‌باشد که با توجه به خطرات و ضایعات بالقوه ناشی از شکست سد و درجه عمران و آبادی اراضی پایاب سد انتخاب می‌شود. (Constantinescu, 1988)

۵-۳-۹ فنلاند

سیلاب طراحی سدهای بزرگ فنلاند سیل ده هزار ساله است که با استفاده از ۸۰ تا یکصد سال آمار سیلاب و کاربرد توزیع گامبل برآورد می‌شود. مقررات جدید ایمنی سدهای فنلاند انجام پاره‌ای بررسیها از جمله آنالیز شکست سد (DBA) و ارائه آن به دستگاههای دولتی ذیربط را مطرح می‌سازد. لازم به تذکر است که رژیم هیدرولوژیک در آن کشور حالتی به اثبات داشته و از این رو اختلاف شدیدی بین سیلابهایی با ادوار بازگشت مختلف مشاهده نمی‌شود. فی‌المثل سیلاب ده هزار ساله در آن کشور فقط ۶۰ تا ۷۰ درصد بزرگتر از سیلاب یکصدساله می‌باشد. به خاطر این ویژگی، انتخاب سیلاب طراحی در آن کشور امری حساس و بحرانی تلقی نمی‌شود. (Q₆₃R₂₇, 1988)

۵-۳-۱۰ انگلستان

انتخاب سیلاب طراحی سدها در انگلستان براساس یک طبقه‌بندی چهارگانه انجام می‌پذیرد که دامنه آن از سیل ۱۵۰ ساله تا سیل حداکثر محتمل تغییر می‌کند. کلیه سدهای این کشور با توجه به گستردگی و شدت خطرات بالقوه شکست سد در چهارگروه قرار می‌گیرند. سدهای گروه اول اساساً سدهای خاکی مهمی هستند که شکست آنها منجر به تلفات جانی و خسارات شدید و عمده اقتصادی و مالی می‌گردد و از این رو سیلاب طراحی آنها برابر با PMF در نظر گرفته می‌شود، به همین طریق، سدهایی در گروه چهارم قرار می‌گیرند که تخریب آنها به وسیله سیلاب مسئله و مشکلی را بجز بازسازی مجددشان مطرح نمی‌سازد و بنابراین سیلاب طراحی این طبقه از سدها سیل ۱۵۰ ساله یا 0.3 PMF انتخاب می‌شود. جدول شماره ۵-۲، استاندارد ایمنی سدهای انگلستان را ارائه می‌دهد (ICE 1989) بررسی دقیق استاندارد مزبور نشان می‌دهد که این استاندارد محافظه کارانه‌تر از آن است که در بادی امر به نظر می‌رسد زیرا لزوم رعایت حداقل‌هایی برای سرعت باد و ارتفاع آزاد، دوره بازگشت سیلاب انتخابی ده هزارساله را می‌تواند تا یکصد هزار سال افزایش دهد. (Q₆₃R₅₃, 1988)

جدول شماره ۵-۲ استانداردهای سیلاب طراحی و ارتفاع آزاد مورد نیاز برای امواج ناشی از باد (انگلستان) ICE, 1989

حد اکثر سرعت باد همزمان یا وقوع سیلاب طرح و حداقل ارتفاع آزاد برای امواج حاصله	سیلاب طراحی سد (سیلاب ورودی به مخزن)		وضعیت اولیه مخزن ، بهنگام جاری شدن سیلاب طرح .	طبقه یا کلاس سد
	استاندارد در صورت تکلیف پیش شدن استثنای سد پذیرفتنی باشد . ملاک قرار گیرد .	استاندارد عمومی .		
حد اکثر ارتفاع آزاد برای امواج ناشی از باد : ۰/۶ متر	دوره بازگشت سیل آنچنان انتخاب می شود که مجموع هزینه های سرریز سد و خسارات ناشی از سیل به یک حداقلی برسد .	حد اکثر سیل یا سیل ده هزار ساله هر کدام بزرگتر باشد همان انتخاب می شود .	میانگین بلندمدت آبدهی روزانه ورودی به مخزن در حال تخلیه از سرریز سد می باشد .	الف : A- سدهائی که شکستن آنها جان انسانهای پاک ناحیه را به مخاطره اندازد . ب : B- سدهائی که شکستن آنها : ۱- ممکنست جان انسانهای پراکند و غیر مجتمع در یک ناحیه را به مخاطره اندازد . ۲- منجر به خسارات سنگین مالی گردد .
حد اکثر ارتفاع آزاد برای امواج ناشی از باد : ۰/۴۰ متر	حد اکثر سیل یا سیل ده هزار ساله هر کدام بزرگتر باشد همان انتخاب می شود .	حد اکثر سیل یا سیل ده هزار ساله هر کدام بزرگتر باشد همان انتخاب می شود .	مشابه وضعیت فوق الذکر	ج : C- سدهائی که شکستن آنها خسارات ناچیزی برای جان انسانها پدید آورد و خسارات مالی وارده نیز محدود باشد .
حد اکثر ارتفاع آزاد برای امواج ناشی از باد : ۰/۲۰ متر	حد اکثر سیل یا سیل ده هزار ساله هر کدام بزرگتر باشد همان انتخاب می شود .	حد اکثر سیل یا سیل ده هزار ساله هر کدام بزرگتر باشد همان انتخاب می شود .	میانگین بلندمدت آبدهی روزانه ورودی به مخزن در حال تخلیه از سرریز سد می باشد .	D- مواردی خاص که شکستن سد هیچگونه تلفاتی برای پدیده های وارد و خسارات مالی وارده نیز به میزان بسیار محدودی بیشتر از خسارت سیل طبیعی می باشد .

۵-۳-۱۱ چکسلواکی

سیلابهای طراحی چهارگروه از سدها به ترتیب اهمیت عبارتند از سیل یکهزار ساله، پانصد ساله، دویست ساله و یکصد ساله. برای تخلیه سیلاب فرض می‌شود که سرریزهای آزاد با صد درصد ظرفیت و مجاری درجه‌دار با هفتاد درصد ظرفیت خود عمل کنند. حداقل ارتفاع آزاد بهنگام تخلیه طغیان طرح برابر با نیم متر می‌باشد و در صورتی که دیواره‌های موج‌شکن در تاج سد نصب شده باشد حداقل ارتفاع آزاد را می‌توان ۰/۲ متر در نظر گرفت. (Q₅₂R₃₇, 1982)

۵-۳-۱۲ رومانی

انتخاب سیلاب طراحی انواع سازه‌های هیدرولیکی در این کشور با توجه به گروه‌بندی تفصیلی سازه‌ها انجام می‌گیرد که خود مبنای تعیین کلاس یا طبقه سازه‌ها می‌باشد. سیلاب طراحی سرریز سدها در این کشور سیل ۱۰ تا هزار ساله و سیلاب آزمون پایداری سازه نیز سیلاب ۳۰ تا ده هزار ساله می‌باشد. جداول ۳-۵ و ۴-۵ به ترتیب گروه‌بندی سدهای مخزنی برحسب ارتفاع سد و ظرفیت مخزن و سدهای برقابی براساس قدرت نصب شده را نشان می‌دهد.

جدول ۳-۵ گروه‌بندی سدها بر حسب ارتفاع و گنجایش مخزن (رومانی)

گروه سازی	حداکثر ارتفاع سد، H (متر)	حداکثر گنجایش مخزن، V میلیون متر مکعب
یک	$H \geq 100$	$V \geq 500$
دو *	$50 \leq H < 100$	$100 \leq V < 500$
دو	$25 \leq H < 50$	$20 \leq V < 100$
سه *	$10 \leq H < 25$	$1 \leq V < 20$
چهار *	$6 \leq H < 10$	$0.2 \leq V < 1$
پنج	$H < 6$	$V < 0.2$

* سازه‌های این گروه را می‌توان براساس دلایل موجه و آنالیز اقتصادی فقط یک گروه ارتقاء داد.

سرویس و خدمات آنها پیامدهای خفیف‌تر و معتدل‌تری را در بردارد. اعمام قضاوت کارشناسی در تعیین طبقه یا کلاس سازه با توجه به اهمیت آن، پیامدهای شکست سد، کم و کیف داده‌های پایه، تجربیات حاصل از طراحی، احداث و بهره‌برداری از سدهای مشابه و بالاخره کیفیت مصالح میسر و مجاز می‌باشد. (Romanian Standard , 1983).

۵-۳-۱۳ شوروی

انتخاب سیلاب طراحی انواع سازه‌های آبی و از جمله سدها در اتحاد شوروی براساس یک طبقه‌بندی چهارگانه صورت می‌گیرد که دوره بازگشت سیلاب مورد نظر را بین یکصد تا ده هزار سال به دست می‌دهد. جدول ۵-۷ سیلاب طراحی را برای کلاسهای مختلف ارائه می‌کند. (Unesco , 1976)

جدول ۵-۷ استاندارد انتخاب سیلاب طراحی (شوروی)

طبقه یا کلاس سازه	دوره بازگشت سیلاب طراحی (سال)
۱	۱۰۰۰۰
۲	۱۰۰۰
۳	۲۰۰
۴	۱۰۰

برای تعیین کلاس یا طبقه سازه باید به جداول تفصیلی گروه‌بندی سازه‌ها و همچنین جدول رابط کلاس سازه با گروه آن مراجعه نمود که فوقاً در مورد کشور رومانی تشریح شد. سیل ده هزار ساله برای سدهایی انتخاب می‌شود که در پایاب آنها مناطق پرجمعیت و یا نواحی پرتراکم و مهم صنعتی قرار دارند.

۵-۳-۱۴ بلغارستان

انتخاب سیلاب طراحی در بلغارستان مشابه شورویهاست.

۵-۳-۱۵ لهستان

روش انتخاب سیلاب طراحی در این کشور شباهت زیادی به روش رایج در شوروی دارد و همان طبقه‌بندی چهارگانه در این کشور نیز وجود دارد. سیلاب طراحی سرریز سدهای خاکی لهستان سیل ۲۰۰ تا ۵۰۰۰ ساله و سدهای غیرخاکی یکصد تا یکهزار ساله است. جدول ۵-۸ استاندارد مزبور را ارائه می‌دهد. (Unesco , 1976)

جدول ۵-۸ سیلابهای طراحی سدهای لهستان

کلاس سازه	دوره بازگشت سیل طراحی (سال)	
	سدهای بتونی و سنگی سیمانی	سدهای خاکی و سنگریزه‌ای
۱	۱۰۰۰	۵۰۰۰
۲	۳۳۰	۲۰۰۰
۳	۲۰۰	۵۰۰
۴	۱۰۰	۲۰۰

در لهستان نیز مانند شوروی، ارقام برآورد شده سیلاب را با توجه به کم و کیف داده‌های پایه به روشهای آماری اصلاح و تعدیل می‌کنند.

۵-۳-۱۶ ایالات متحده آمریکا

دستورالعملها، استانداردها و جزوات فنی متعددی برای انتخاب سیلاب طراحی و ارزیابی ایمنی سدهای ایالات متحده تهیه و منتشر شده، از آن جمله است راهنمای رسته مهندسی ارتش آمریکا (USCE, 1979)، راهنمای انجمن مهندسين سيويل آمریکا (ASCE, 1973)، راهنمای شورای پژوهش ملی (NRC, 1985)، راهنمای کمیته هماهنگی ایمنی سدها (ICODS, 1985) و پیش‌نویس راهنمای کمیته موظف انجمن مهندسين سيويل آمریکا (ASCE, 1987) که رایج‌ترین آنها، راهنمای رسته مهندسی ارتش می‌باشد که در سال ۱۹۷۹ منتشر شد. (Q63 R39, 1988) برای استفاده از این راهنما جهت انتخاب سیلاب طراحی سرریز سدها ابتدا باید گروه سازه را مشخص نمود که خود تابعی از گنجایش مخزن و ارتفاع سد بوده و در عین حال به شدت خسارات بالقوه ناشی از شکست سد نیز وابسته می‌باشد. در مرحله بعد، سیلاب طراحی مناسب با توجه به گروه سازه و درجه یا شدت خسارات از یک جدول استاندارد استخراج و تعیین می‌شود. راهنمای مورد بحث در جداول ۵-۹ و ۱۰ و ۱۱ منعکس شده است. طبق جدول استاندارد ۵-۱۱، سیلاب طراحی سرریز سدها در ایالات متحده از سیل پنجاه ساله تا PMF تغییر می‌کند.

جدول ۵-۹ گروه بندی سدها بر حسب اندازه و بزرگی آنها * (آمریکا)

گروه سد (اندازه)	حجم مخزن (S) هزار متر مکعب	ارتفاع (H) متر
کوچک	$615 < S \leq 1230$	$7/6 \leq H < 12/2$
متوسط	$1230 \leq S < 61500$	$12/2 \leq H < 30/5$
بزرگ	$61500 \leq S$	$30/5 \leq H$

* علت روند نبودن ارقام مندرج در جدول، تبدیل از سیستم انگلیسی به سیستم آحاد متریک است.

جدول ۵-۱۰ گروه بندی بر حسب خسارات بالقوه ناشی از شکست سد (آمریکا)

گروه خسارات بالقوه	تلفات جانی (میزان عمران و آبادی در پایاب سد)	خسارات اقتصادی (میزان عمران و آبادی در پایاب سد)
جزئی	احتمال هیچگونه تلفات جانی وجود ندارد (هیچ محل و ساختمان دائمی برای سکونت انسانها وجود ندارد)	بسیار جزئی (تأسیساتی وجود ندارد و یا بسیار پراکنده است. عمران و توسعه فقط مربوط به کشاورزی است)
قابل توجه	تلفات جانی به چند نفر محدود می‌شود (هیچگونه عمران شهری و شهرنشینی وجود ندارد و صرفاً چند محل قابل سکونت احداث شده موجود است)	قابل توجه (عمران و توسعه کشاورزی و صنعتی و یا تعداد سازه‌ها و تأسیسات موجود قابل توجه است)
شدید	تلفات انسانی بیش از چند نفر خواهد بود	خسارات اقتصادی شدید است (اماکن مسکونی پرتراکم و توسعه صنعت و کشاورزی گسترده و وسیع می‌باشد).

جدول ۵-۱۱ استانداردهای ایمنی پیشنهادی رشته مهندسی ارتش آمریکا (USCE)

شدت خسارات	اندازه سد	استاندارد ایمنی
جزئی	کوچک متوسط بزرگ	سیل ۵۰ تا ۱۰۰ ساله سیل ۱۰۰ ساله تا PMF 0.5 PMF 0.5 تا PMF
قابل توجه	کوچک متوسط بزرگ	سیل ۱۰۰ ساله تا PMF 0.5 PMF 0.5 تا PMF
شدید	کوچک متوسط بزرگ	PMF 0.5 تا PMF PMF PMF

چنانچه ملاحظه می شود هیچ تفکیکی برحسب نوع سد از نظر مصالح مصرفی در ساختمان آن در این راهنما وجود ندارد و اصلی ترین ضابطه طبقه بندی در واقع شدت خسارات بالقوه محسوب می شود. در اینجا بی مورد نیست که به توصیه های کمیسیون ملی سدهای بزرگ آمریکا نیز اشاره شود. کمیسیون مزبور «برای رعایت حداقل ایمنی در مناطق پایاب سدها» چهار نوع «استاندارد طراحی عملیاتی»^۱ را توصیه می کند که انتخاب و کاربرد هر یک از آنها به خصوصیات پروژه و میزان آبادی و عمران مناطق پایاب بستگی دارد. استانداردهای چهارگانه به شرح زیر خلاصه می شود. (Jansen , 1988) :

استاندارد شماره ۱ : سدهای مشمول این استاندارد آنچنان طراحی می شود که در برابر کلیه سیل ها و از جمله سیلاب حداکثر محتمل لیریز نشوند.

استاندارد شماره ۲ : سد و تأسیسات وابسته این گروه به صورتی طراحی می شوند که امکان لیریز شدن سد وجود دارد لیکن پایداری سد به مخاطره نمی افتد و خسارات وارده بر آن نیز حتی المقدور شدید نخواهد بود.

استاندارد شماره ۳ : سدها و تأسیسات جنبی آنها که مشمول این استاندارد می شوند آنچنان طراحی می شوند که پس از لیریز شدن سد، شکاف و شکستگی در سازه به تدریج و به کندی ایجاد گردد و نتیجتاً سرعت افزایش تراز آب در پایاب سد در یک دامنه قابل قبول قرار می گیرد. صدمات و نطمات بر پیکر اصلی سد فقط در آن محلهایی وارد می شود که قبلاً پیش بینی و معلوم

شده است و از اینرو عملیات مرمت و بازسازی به اقتصادی ترین وجه ممکن امکان پذیر می باشد.

استاندارد شماره ۴: برای رعایت این استاندارد لازم است ارتفاع سد و حجم آب ذخیره شده در مخزن آن به نحوی طراحی شود که در صورت ایجاد شکاف و شکستگی در سد، ضایعات و خسارات وارد بر مناطق پایاب سد به سطح شدید و قابل توجهی نرسد. بازسازی و مرمت اینگونه سدها به سهولت و با هزینه ای بالنسبه اندک انجام می پذیرد.

۱۷-۳-۵ مکزیک

راهنما یا دستورالعمل انتخاب سیلاب طراحی سدهای این کشور در اختیار نیست لیکن مدارک موجود نشان می دهد که مهمترین سدهای مکزیک را با استفاده از سیلاب حداکثر محتمل (PMF) طراحی می کنند. سیلابها در این کشور به چند روش محاسبه و استخراج شده و نتایج آنها با یکدیگر مقایسه می شود. سیلاب ده هزار ساله که به روش «تحلیل منطقه ای» محاسبه می گردد عملاً معادل با PMF تلقی شده و ضابطه ای برای آزمون بزرگی سیلاب حداکثر محتمل محسوب می شود. (Q₄₁ R₃₄, 1973)

۱۸-۳-۵ کانادا

انتخاب سیلاب طراحی سدها در کشور کانادا طبق یک استاندارد واحد و سراسری انجام نمی پذیرد. دستگاههای دولتی ذیربط و هر یک از ایالت های آن کشور بسته به نیازهای مشخص خود، استانداردهای مورد نظر را تهیه و به کار می گیرند. در بعضی ایالات کانادا دو سیلاب طراحی یکی برای طراحی سرریز و دیگری برای آزمون پایداری سد تعیین و انتخاب می شود (Q₆₃ R₇₀, 1988) راهنمای انتخاب سیلاب طراحی پروژه های برقابی ایالت بریتیش کلمبیا واقع در غرب کانادا و مجاور اقیانوس کبیر در اختیار بوده و در جدول ۵-۱۲ منعکس شده است. ایالت مزبور از پتانسیلهای برقابی قابل ملاحظه ای برخوردار است که میزان آن طبق بررسیهایی که در دهه ۱۹۷۰ میلادی انجام پذیرفت معادل ۲۴۰۰۰ مگاوات برآورد شده است. (Q₆₃ R₆₈, 1988)

جدول ۵-۱۲ راهنمای انتخاب سیلاب طراحی پروژه‌های برقایی (کانادا)

تلفات جانی	خسارات اقتصادی و اثرات اجتماعی و زیست محیطی	شدت اضافه خسارت ناشی از شکست سد	حداقل سیلاب طراحی سرریز
انتظار نمی‌رود هیچگونه تلفات جانی پدید آید. هیچگونه ساختمان با اقامت دائمی غرقاب نمی‌شود.	توأم با حداقل خسارات اقتصادی (خسارات جزئی بر تأسیسات مزارع و اراضی کشاورزی، راههای فرعی و امثالهم) خسارات غیرمستقیم قابل توجه نمی‌باشد.	پایین و کم	سیلاب ۲۰۰ ساله
هر چند انتظار نمی‌رود تلفات انسانی پدید آورد ولی احتمال آن وجود دارد مناطق شهری در پایاب سد وجود ندارد و فقط چند ساختمان مسکونی غرقاب خواهد شد	خسارات اقتصادی قابل توجه است. شامل خسارت وارده بر جاده ها و خطوط فرعی و درجه ۲ و تأسیسات نسبتاً مهم عمومی. منابع و تأسیسات جایگزین برای تأمین آب و برق وجود دارد	قابل توجه	سیل ۱۰۰۰ ساله بشرطی که کوچکتر از PMF 0.5 نباشد
انتظار می‌رود تلفات جانی پدید آید. مجتمع‌های انسانی و تأسیسات مهم در پایاب سد غرقاب می‌شوند	خسارات شدید اقتصادی بر مناطق و اجتماعات انسانی، صنایع، و تأسیسات کشاورزی و تجاری، شاهراه‌ها، جاده‌های اصلی، خطوط اصلی راه‌آهن و تأسیسات مهم محتمل می‌باشد. وجود سد برای ارائه خدمات ضروری است و جایگزین ندارد	شدید	PMF

چنانچه از جدول فوق استنباط می‌شود، سیلاب طراحی اساساً با توجه به اضافه خسارات ناشی از شکست سد، برابر با سیل ۲۰۰ ساله تا سیلاب حداکثر محتمل انتخاب می‌گردد.

۵-۳-۱۹ مصر

فعالیت‌های جدید سدسازی در این کشور از حدود یکصد و پنجاه سال پیش با احداث سدهایی در دلتای نیل آغاز شد. مهمترین سدی که بر روی نیل احداث شده سد بزرگ آسوان (سدالعالی) است که سیلاب طراحی سرریز آن، سیل ده هزار ساله می‌باشد. کنترل طغیانهای رودخانه نیل که از قرن‌ها پیش با انحراف و هدایت سیلابها به درون حوضچه‌های مجاور رودخانه انجام می‌گرفت امروزه منسوخ گردیده و این وظیفه عمدتاً به عهده سد بزرگ آسوان گذاشته شده است؛ بدین ترتیب در طراحی مخزن و انتخاب سیلاب طراحی به ظرفیت این رودخانه در پایین دست سد توجه شده و ارتفاعی برابر ۸ متر که گنجایشی معادل ۴۷ میلیارد متر مکعب را تأمین می‌کند به کنترل طغیانها اختصاص یافته است. به منظور رعایت ظرفیت ایمن رودخانه در پایاب سد، سرریزی جانی نیز پیش‌بینی گردیده که جریانهای طغیانی اضافی را از طریق یک رشته کانال به گودال طبیعی عظیمی انتقال می‌دهد که در ۲۵۰ کیلومتری سراب سد آسوان واقع شده است. پیک یا حداکثر لحظه‌ای آبدهی طغیان هزار و ده هزار ساله در محل سد مزبور به ترتیب ۱۵۵۰۰ و ۱۷۷۰۰ متر مکعب در ثانیه و احجام سیلهایی با همان ادوار بازگشت به ترتیب ۱۵۰ و ۱۸۰ میلیارد متر مکعب برآورد شده است. حجم مرده این سد برابر ۳۰ میلیارد متر مکعب و حجم زنده آن (بدون مخزن کنترل سیلاب) معادل ۹۰ میلیارد متر مکعب می‌باشد (Q₄₁ R₂₂, 1988). سیلاب طراحی سرریز سایر سدهای مهمی که بر روی نیل احداث شده اند برابر با سیلابی انتخاب گردیده که حدود یکصد و ده سال پیش در محل فعلی سد آسوان رخ داده است. دوره بازگشت سیلاب مزبور معادل با

یکهزارسال برآورد شده است. سیلاب طراحی سدهای جدیدی که در پایین دست سد بزرگ آسوان احداث می‌شوند با توجه به قدرت آن سد برای مهار طغیانهای نیل و سیلابهای حوزه‌های میانی انتخاب می‌گردد و بدین ترتیب سیلاب طراحی سد جدید آسیوط برابر با ۷۰۰۰ متر مکعب در ثانیه انتخاب شده است، که کمتر از $\frac{1}{4}$ سیلاب یکهزار ساله‌ای است که فوقاً بدان اشاره شد (Q63 R55, 1988).

۵-۳-۲۰ آفریقای جنوبی

ضوابط طبقه‌بندی سدها و استانداردهای ملی برای انتخاب سیلاب طراحی در این کشور به صورت تفصیلی و مبسوطی تهیه شده و علاوه بر آن، مطالعات ویژه سیلابها در سطح کشور پشتوانه کار می‌باشد. با این وجود قضاوت مهندسی در انتخاب روش و اعمال استانداردها از جایگاه خاصی برخوردار گشته است.

در آفریقای جنوبی چندین روش برای انتخاب سیلاب طراحی سرریز و سیلاب آزمون پایداری سدها وجود دارد که در اینجا فقط به "استاندارد عمومی طرحها" که رایج‌ترین ضابطه در آن کشور می‌باشد به اختصار اشاره می‌شود. انتخاب سیلاب طراحی با عنایت به ارتفاع سد و همچنین ضایعات و خسارات بالقوه ناشی از شکست سد و با استفاده از جدول ۵-۱۳ و ۱۴ و ۱۵ تعیین می‌شود. (SANCOLD, 1986):

یادآوری می‌شود کاربرد «استاندارد عمومی» مورد بحث در آن کشور اجباری نیست لیکن طراحی، احداث بهره‌برداری و نوسازی و اعمال تغییرات در سدهایی با ارتفاع بیش از ۵ متر و گنجایش بیش از پنجاه هزار متر مکعب باید الزاماً با ضابطه «ریسک پایداری سازه» ارزیابی و آزمایش شود.

جدول ۵-۱۳ استاندارد عمومی انتخاب سیلاب طراحی (آفریقای جنوبی)

سیلاب طراحی		شدت خسارات بالقوه	اندازه سد
سیلاب آزمون پایداری*	سیلاب طراحی سرریز		
۰/۲ PMF یا ۰/۴ RMF	سیل ۲۰ تا ۵۰ ساله	کم	کوچک
۰/۷ PMF یا ۰/۵ RMF	سیل ۱۰۰ ساله	قابل ملاحظه	زیاد
۰/۷ PMF یا ۰/۷ RMF	سیل ۱۰۰ ساله	زیاد	
۰/۷ PMF یا ۰/۵ RMF	سیل ۱۰۰ ساله	کم	متوسط
۰/۷ PMF یا ۰/۷ RMF	سیل ۱۰۰ ساله	قابل ملاحظه	زیاد
PMF یا ۱/۵ RMF	سیل ۲۰۰ ساله	زیاد	
۰/۷ PMF یا ۰/۷ RMF	سیل ۲۰۰ ساله	کم	بزرگ
PMF یا ۱/۵ RMF	سیل ۲۰۰ ساله	قابل ملاحظه	زیاد
۱/۷ PMF یا ۱/۷ RMF	سیل ۲۰۰ ساله	زیاد	

* RMF عبارت است از "حداکثر سیلاب منطقه‌ای" که ضمن مطالعات ویژه‌ای برای کلیه مناطق در سراسر کشور محاسبه و تعیین شده است. دوره بازگشت این سیلاب بین ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ سال است.

جدول ۵-۱۴ گروه بندی سدها برحسب ارتفاع. (آفریقای جنوبی)

اندازه سد	حداکثر ارتفاع
کوچک	بیش از ۵ متر ولی کمتر از ۱۲ متر
متوسط	۱۲ متر یا بیشتر ولی کمتر از ۳۰ متر
بزرگ	مساوی یا بیشتر از ۳۰ متر

جدول ۵-۱۵ گروه بندی سدها برحسب شدت خسارات بالقوه (آفریقای جنوبی)

شدت خسارات بالقوه	خسارات بالقوه جانی	خسارات بالقوه مالی
کم	ندارد	در حداقل است (کمتر از یک میلیون راند) *
قابل ملاحظه	بیش از ۱۰ نفر نیست	قابل ملاحظه است (یک تا ده میلیون راند)
زیاد	بیش از ۱۰ نفر است	زیاد است (بیش از ده میلیون راند)

* RAND واحد پول آفریقای جنوبی.

۵-۳-۲۱ زیمبابوه

استاندارد انتخاب سیلابهای طراحی سدهای این کشور در سال ۱۹۸۶ میلادی تهیه شده است (Q₆₃ R₃₀, 1988). برای استفاده از استاندارد مزبور ابتدا بایستی کلاس یا طبقه سد را با توجه به اندازه یا بزرگی سازه و همچنین خطرات و خسارات بالقوه ناشی از شکست سد تعیین نمود سپس با مراجعه به جدول استاندارد، سیلاب طراحی سرریز و سیلاب آزمون پایداری سازه استخراج شود. جداول ۵-۱۶ تا ۵-۱۹ ضوابط طبقه بندی سدها و انتخاب سیلاب طراحی در این کشور را ارائه می‌هند. طبق جدول ۵-۱۹ سیلاب طراحی سرریز سیل ۱۰۰ تا ۲۰۰۰ ساله و سیلاب آزمون پایداری سیل ۲۵۰ تا ۱۰۰۰۰ ساله می‌باشد.

جدول ۵-۱۶ گروه بندی سدها برحسب گنجایش مخزن و ارتفاع سد (زیمبابوه)

اندازه سازه	گنجایش مخزن (میلیون متر مکعب)	ارتفاع سد (متر)
کوچک	کمتر از ۱	کمتر از ۸
متوسط	۱ تا ۳	۸ تا ۱۵
بزرگ	۳ تا ۲۰	۱۵ تا ۳۰
خیلی بزرگ	بیشتر از ۲۰	بیشتر از ۳۰

جدول ۵-۱۷ گروه بندی سدها برحسب خطرات بالقوه ناشی از شکست آنها

خطرات بالقوه	تلفات انسانی	خسارات اقتصادی
خیلی کم	غیر ممکن است	حداقل
کم	غیر ممکن است	متوسط
متوسط	بعید است	قابل توجه
زیاد	محتمل است	شدید

جدول ۵-۱۸ طبقه بندی سدها برحسب اندازه و خطرات بالقوه شکست آنها

اندازه خطرات بالقوه	کوچک	متوسط	بزرگ	خیلی بزرگ
خیلی کم	۴	۳	۲	۱
کم	۳	۲	۱	۱
متوسط	۲	۱	۱	۱
زیاد	۱	۱	۱	۱

جدول شماره ۵-۱۹ سیلاب طراحی کلاس های مختلف سدها * (زیمباوه)

دوره بازگشت سیلاب (سال)		کلاس یا طبقه سد
سیلاب آزمون پایداری	سیلاب طراحی سرریز	
۱۰۰۰۰	۲۰۰۰	۱
۲۰۰۰	۵۰۰	۲
۷۵۰	۲۵۰	۳
۲۵۰	۱۰۰	۴

* سیلاب طراحی بدون استفاده از ارتفاع آزاد و سیلاب آزمون پایداری بدون لبریز شدن سد.

۵-۳-۲۲ ژاپن

سدهای کشور ژاپن با استفاده از دو سیلاب یکی برای طراحی و اندازه یابی سرریز و دیگری برای آزمون پایداری سازه، طراحی می شوند. سیلاب طراحی سرریز سدهای بتونی در این کشور سیل یکصدساله و یا بزرگترین

جدول ۵-۲۰ طبقه بندی سدها طبق اضافه خسارات ناشی از شکست سد (استرالیا)

جزئی	قابل توجه	(اضافه خسارت) زیاد
بیم هیچگونه تلفات جانی نمی رود	بیم تلفات انسانی نمی رود ولی احتمال آن وجود دارد. هیچگونه منطقه شهری در پایاب سد وجود ندارد و مستحذات صرفاً محدود به تعداد اندکی محل مسکونی می باشد.	بواسطه وجود کانونهای زیستی انسانی بیم تلفات جانی می رود
خسارت اقتصادی جزئی بر تأسیسات کشاورزی و اراضی زراعی، جاده های فرعی و امثالهم وارد می شود.	خسارات اقتصادی قابل توجه بر جاده های درجه ۲ و خطوط فرعی راه آهن، تأسیسات بالنسبه مهم عمومی و نیز برخورد سد و سایر سدهای مخزنی پایین دست سد وارد می شود.	خسارات شدید اقتصادی بر مناطق و اماکن مسکونی، صنعتی، تجاری، کشاورزی و تأسیسات مهم و بر خود سد و یا سایر تأسیسات ذخیره آب در پایاب وارد می شود
تعمیر و بازسازی سد عملی و میسر می باشد خسارات غیرمستقیم قابل توجه نیست.	تعمیر و بازسازی سد عملی و میسر است یا منابع و تأسیسات دیگری برای تأمین آب و برق وجود دارد.	سد مورد نظر برای تأمین نیازهای مشخصی ضروری بوده و آن نیازها را نمی توان به طریق دیگری تأمین نمود (سد مزبور فاقد جانشین می باشد) و همچنین تعمیر و بازسازی آن عملی و امکان پذیر نیست

جدول ۵-۲۱ سیلابهای طراحی پیشنهادی (استرالیا)

سیلاب طراحی	طبقه سد براساس اضافه خسارت شکست سد *
سیل ۱۰۰۰۰ ساله تا PMF	زیاد : تلفات جانی، خسارات شدید اقتصادی
سیل ۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ ساله	قابل توجه : تلفات جانی بعید ولی خسارات اقتصادی قابل توجه است
سیل ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ ساله	جزئی : بدون تلفات جانی، خسارات وارده جزئیست

* Incremental Flood Hazard Category

چنانچه از جدول ۵-۲۱ مستفاد می شود سیلاب طراحی سدهای استرالیا سیل یکصد ساله تا PMF می باشد. مطلب قابل ذکر آن است که اگرچه طبقه بندی مشخصی برای سدهای این کشور برحسب ارتفاع سد و گنجایش مخزن در سه گروه بزرگ، متوسط و کوچک وجود دارد ولی اندازه سدها مستقیماً در انتخاب سیلاب طراحی

مطرح نمی‌شود بلکه در حین انجام تحلیل‌های مربوط به شکست سد، این پارامتر خود به خود در بررسیها منظور می‌گردد.

روش دیگری که در این راهنما مطرح شده، روش «تحلیل ریسک اقتصادی»^۱ می‌باشد و تنها در مواردی می‌توان آن را جایگزین روش قبلی نمود که شکست سد هیچگونه تلفات جانی را موجب نشود. کاربرد روش تحلیل ریسک اقتصادی معمولاً به تعیین سیلابهایی منجر می‌شود که کوچکتر از «سیلابهای طراحی پیشنهادی» (جدول ۵-۲۱) می‌باشد. روش تحلیل ریسک اقتصادی در سطح بین‌المللی مورد توجه و بررسی می‌باشد ولی هنوز قطعیت نیافته است.

۵-۳-۲۵ چین

سیلاب طراحی سدهای چین برای دو گروه سازه‌های دائمی و موقت و همچنین دو وضعیت عادی (نرمال) و غیر عادی (استثنایی) توصیه شده است که در اینجا فقط سازه‌های دائمی مورد توجه قرار می‌گیرد.

سیلاب طراحی در وضعیت عادی، سیلاب طراحی سرریز و در وضعیت غیرعادی سیلاب آزمون پایداری سازه می‌باشد. کلیه سدهای دائمی چین در پنج کلاس یا طبقه جای گرفته و سیلاب طراحی سرریز آنها طبق جدول ۵-۲۲ انتخاب می‌شود (Chinese Standards, ۱۹۷۹).

جدول ۵-۲۲ سیلاب طراحی سرریز سدها (چین)

کلاس یا طبقه	۱	۲	۳	۴	۵
دوره بازگشت سیل (سال)	۲۰۰۰ تا ۵۰۰	۱۰۰ تا ۵۰۰	۱۰۰ تا ۵۰	۵۰ تا ۳۰	۳۰ تا ۲۰

همانطور که در جدول ۵-۲۲ مشاهده می‌شود سیلاب طراحی سرریز هر یک از کلاسهای پنجگانه به جای یک رقم دامنه‌ای از ارقام را شامل می‌شود. برای انتخاب یک رقم مشخص از دامنه مربوطه باید به «اندازه و اهمیت پروژه و کم و کیف داده‌های پایه» توجه نمود. به هر صورت می‌توان اظهار داشت که سرریز سدهای چین با استفاده از سیلابهای بیست تا دو هزار ساله طراحی می‌شود. برای تعیین کلاس یا طبقه سد باید مطابق جدول ۵-۲۳ نوع مصالح مصرفی در ساختمان و نیز ارتفاع سازه را در نظر گرفت. برای آزمون پایداری سازه در شرایط «غیرعادی» به شرح زیر عمل می‌شود:

جدول ۵-۲۳ طبقه بندی سدها بر حسب ارتفاع (چین)

کلاس یا طبقه				
۵	۴	۳	۲	ارتفاع سد (متر) *
۲۰	۵۰	۷۰	۹۰	
۴۰	۷۰	۱۰۰	۱۳۰	بتونی یا سنگی سیمانی

* در مواردی که ارتفاع سد از مقدار مندرج در جدول بیشتر باشد، کلاس سد یک طبقه ارتقاء می یابد.

الف - پایداری کلیه سدهای خاکی و سنگریزه‌ای اعم از کوچک، متوسط یا بزرگ که شکست آنها منجر به خسارات شدید بر «شهرها، صنایع و معادن پراهمیت، خطوط راه آهن و یا سایر بخشهای پر اهمیت سیاسی و اقتصادی ملی واقع در پایاب سد» می گردد باید با استفاده از سیلاب حداکثر محتمل آزموده شود. برای سدهای بتونی یا سنگی سیمانی می توان سیل کوچکتري را در نظر گرفت.

ب - سیلاب طراحی برای آزمون پایداری کلیه سدهایی که شکست آنها باعث «خسارات و ضایعات شدید» در پایاب سد نمی شود، باید حداقل مساوی با ارقام مندرج در جدول ۵-۲۴ باشد:

جدول ۵-۲۴ سیلاب طراحی برای آزمون پایداری سدها (چین)

کلاس یا طبقه سد					نوع سد
۵	۴	۳	۲	۱	
دوره بازگشت سیل (سال)					
۳۰۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰۰	خاکی و سنگریزه‌ای یا سنگی بدون ملات سیمان
۲۰۰	۳۰۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰۰	بتونی یا سنگی - سیمانی

چنانچه در جدول ۵-۲۴ ملاحظه می شود، دوره بازگشت سیلابهای طراحی برای آزمون پایداری سدهای بتونی و سنگی سیمانی که استقامت و پایداری بیشتری در شرایط لبریز شدن دارند، حدود $\frac{1}{4}$ دوره بازگشت سیلابهای طراحی نظیر برای سدهای خاکی می باشد. مطلب قابل توجه دیگر آن است که طبق استاندارد چین، فقط آن گروه از سدهای خاکی که ارتفاعی بیش از نود متر و نیز سدهای بتونی که ارتفاعی بیشتر از یکصد و سی متر دارند در کلاس یا طبقه یکم جای می گیرند. همان طور که فوقاً اشاره شد چنانچه خطرات و ضایعات بالقوه ناشی از شکست سدهای خاکی شدید و زیاد باشد در آن صورت به رغم اندازه و بزرگی یا کلاس سازه باید از سیلاب

حداکثر محتمل (PMF) برای آزمون پایداری سازه استفاده شود. از سال ۱۹۵۸ میلادی مقدار PMF و PMP برای پروژه‌های مهم سد سازی در چین برآورد می‌شود، لیکن به خاطر تردیدهایی که درباره دقت ارقام وجود دارد، مقادیر مزبور با سیلاب یا بارندگی ده هزار ساله مقایسه می‌گردد. همچنین مقدار عددی سیلابهای طراحی محاسبه شده برای پروژه های مهم در یک ضریب اطمینان ضرب می‌شود تا بدین طریق تردیدهای ناشی از کمبود دقت آمار و اطلاعات پایه کاهش یابد. مقدار این ضریب معمولاً کوچکتر از ۱/۲ می‌باشد. (Q₆₃R₈₈, 1988)

۵-۴ نتایج و بحثهای کلی

۵-۴-۱ مروری بر روشهای انتخاب، سیلاب طراحی در ممالک مختلف به این نتیجه عمومی منجر می‌گردد که تهیه و تنظیم استانداردهای ایمنی سدها مستلزم نوعی سیاستگذاری است که بر مفهوم ریسک یا خطرپذیری اقتصادی - اجتماعی متکی می‌باشد. تأمین درجه معینی از ایمنی هیدرولوژیک برای سدها در واقع به معنی آن است که درجه معینی از خطر شکست سد و بروز پیامدهای مرتبط با این سانحه پذیرفته و قبول می‌شود. چنین مفهومی عملاً اساس طبقه‌بندی سدها و یا خسارات و ضایعات ناشی از شکست سد بوده و در سطح بین‌المللی مطرح می‌باشد معهداً، نحوه تفکیک و تبیین سطوح یا درجات مختلف خطرپذیری و انتخاب درجه مجاز خطرپذیری در کشورهای مختلف متفاوت است. انتخاب PMF به عنوان سیلاب طراحی بیانگر آن است که هیچگونه ریسک یا خطر شکست سد را در طول عمر مفید سازه نمی‌توان پذیرفت (زیرا دوره بازگشت چنان سیلابی بسیار طولانی و زیاد انگاشته می‌شود و بدین ترتیب خطر شکست سد طی عمر مفید سازه به سطح ناچیزی فرو می‌افتد)^۱. از سوی دیگر، چنانچه سیلاب طراحی سازه‌ای با عمر مفروض یکصد سال، سید صد ساله انتخاب شود، در آنصورت احتمال آن که سیلی بزرگتر از سیل طراحی در طول عمر مفید سازه جاری شود و پایداری و ایمنی سازه را به مخاطره اندازد، معادل ۶۳ درصد می‌باشد که معرف درجه بالایی از خطرپذیری تلقی می‌شود (مبحث ریسک در بخشهای قبلی این نشریه تشریح شده است).

رایج ترین و اساسی ترین روش برای تفکیک و تبیین سطوح یا درجات مختلف خطرپذیری (که مآلاً در انتخاب سیلاب طراحی انعکاس و تجلی می‌یابد)، طبقه‌بندی سدها و نوع و شدت خسارات بالقوه شکست سد برحسب پارامترها و فاکتورهای مختلف می‌باشد. مهمترین عوامل مؤثر در طبقه بندی سدها و پیامدهای شکست آنها را می‌توان به شرح زیر دانست:

الف - مشخصات سد و مخزن:

- ویژگیهای فیزیکی (ارتفاع، طول تاج، شرایط پی، گنجایش مخزن).
- نوع سد و مصالح مصرفی (خاکی، غیرخاکی، قوسی، وزنی و...).
- نوع تأسیسات تخلیه (سرریز، مجاری خروجی/دریچه دار، فاقد دریچه).
- شرایط بهره‌برداری از سد در وضعیت سیلابی.

۱- اگر چه از دیدگاه تنویریک PMF فاقد یک دوره بازگشت مشخص می‌باشد معهداً در برخی نقاط جهان چنین سیلابی را سیل ده هزار تا یکصد هزار ساله می‌دانند (SANCOLD, 1986). گسترده‌ترین دامنه دوره بازگشت PMF بین یک هزار تا ده میلیون سال گزارش شده است (ANCOLD, 1986). در بعضی ممالک نیز PMF را معادل با یک تا دو برابر سیل ده هزار ساله در نظر می‌گیرند. (ICE, 1989; Kite, 1977).

ب - نوع و شدت خسارات بالقوه شکست سد :

- نوع (تلفات جانی، خسارات کشاورزی، صنعتی، تأسیسات عمومی/مستقیم، غیرمستقیم).
- شدت (کم، متوسط، زیاد).

ج - اهمیت اقتصادی، اجتماعی خدمات و سرویس‌دهی سازه.

- (ملی - منطقه‌ای - محلی).

د - اقلیم و قابلیت‌های سیل‌خیزی/کمیت و کیفیت داده‌های پایه.

۴-۴-۵ ایمنی سازه از دیدگاه هیدرولوژیک، اگرچه اساساً و عمدتاً به انتخاب سیلاب طراحی وابسته است لیکن حصول به درجه معینی از ایمنی در برابر سیلها فقط با انتخاب سیلاب طراحی تحقق نمی‌پذیرد بلکه «ارتفاع آزاد» و حتی شرایط بهره‌برداری از سد در وضعیت طغیانی را نیز باید جزئی لاینفک از مقوله ایمنی سدها تلقی نمود. به طریق اولی، قدرت سدها برای تخلیه و دفع طغیان فقط به ظرفیت تخلیه سرریز آنها محدود نمی‌شود، سایر مجاری خروجی و از جمله مجاری مبتنی به توربین‌هایی که خارج از سرویس نباشد نیز غالباً ملحوظ می‌شود؛ بدین ترتیب مسدود ماندن یک یا چند دریچه (در وضعیتی که سیلاب طراحی یا سیلابی بزرگتر حادث می‌گردد) جزو مفروضاتی است که در انتخاب سیلاب طراحی دخیل می‌باشد.

۴-۴-۵ کشورهای اروپای شرقی، چین و شوروی دارای نوعی طبقه بندی تفصیلی سازه های هیدرولیکی و از جمله سدها می‌باشند. در اینگونه طبقه‌بندیها، نوع، مشخصات فیزیکی و مصالح مصرفی در ساختمان سد، ارزش یا اهمیت اقتصادی و اجتماعی خدمات و سرویس‌دهی سازه، کم و کیف داده‌های پایه و همچنین ضایعات و خسارات بالقوه شکست سد به طریقی منظور و ملحوظ می‌شود. واری جداول راهنما که در کشورهای مزبور رایج است به این نتیجه عمومی منجر می‌شود که تهیه و تنظیم این قبیل جداول برای هر کشوری کار مهم و سنگینی است که علاوه بر داده‌های هواشناسی و هیدرولوژی به اطلاعات اقتصادی و اجتماعی گسترده و جامعی نیاز دارد. کشورهای مزبور از برنامه‌ریزی متمرکز و سراسری سود می‌جویند و طبعاً آمار و اطلاعات مورد نیاز را به نحو منظم و مرتبی گردآوری و تهیه می‌کنند و از اینرو ارزیابی و تعیین اهمیت اقتصادی و اجتماعی پروژه‌ها در سطوح ملی، منطقه‌ای و یا محلی در آن کشورها به سهولت نسبی انجام پذیرفته و یا لااقل با کمبود شدید داده‌های پایه و اطلاعات ذیربط مواجه نمی‌شود. کشورهای در حال رشد غالباً با محدودیت‌های مالی، فنی، تکنولوژیک و انفورماتیک به درجات مختلفی مواجه بوده و بسته به میزان و درجه پیشرفت در برنامه‌ریزیهای منطقه‌ای و ملی و کسب تجربه در اجرای برنامه‌ها می‌توانند از اهمیت اقتصادی - اجتماعی سازه‌های فنی سخن گویند. بنابراین ارزیابی اهمیت سازه‌های آبی از دیدگاه مزبور عجزالتاً در ایران با دشواریهای ملموسی روبه‌رو می‌باشد و طبعاً به سهولت عملی نمی‌شود. معهداً احداث سدهای عظیم و چند منظوره‌ای که وضع اقتصادی و اجتماعی یک منطقه را دستخوش تحولات عمده‌ای می‌سازد، امری تجسم پذیر و قابل توجه بوده حتی اگر ارزیابی کمی تحولات ناشی میسر نباشد، می‌توان به ارزیابی اهمیت نسبی و قیاسی آن مبادرت ورزید، علاوه بر

آن، تکنیکهای مطالعه سیستمی منابع آب در مقیاس حوزه ها و مناطق، که امروزه در ایران نیز رایج می‌شود بر این مفهوم کلی استوار است که اهمیت هر پروژه را می‌توان در قالب یک سیمای مشخص توسعه منطقه‌ای (و بعضاً ملی) ارزیابی و تعیین نمود. این قبیل مطالعات امکانات مساعدی را برای تعیین نقش یک پروژه سد سازی در اقتصاد و زندگی اجتماعی منطقه فراهم می‌آورد. به هر صورت، مادامی که ارزیابی کمی اهمیت اجتماعی و اقتصادی پروژه‌ها به لحاظ کمبود امکانات و اطلاعات و سایر ملزومات میسر نمی‌باشد، عندالزوم می‌توان به ضوابط عمومی و کلی متوسل شد و جایگاه پروژه‌های مشخص را در قالب‌های منطقه‌ای و ملی تعیین و بصورت کیفی بیان نمود مثلاً پروژه‌های «فوق‌العاده مهم؛ مهم؛ عادی».

۴-۴-۵ بررسی ضوابط و جداول راهنمای مربوط به کشورهای غربی به ویژه ایالات متحده و کانادا نشان می‌دهد که خطرات و ضایعات بالقوه‌ای که از شکست سدها پدید می‌آید در وهله نخست معطوف به تلفات انسانی بوده و این نوع ضایعات ضمن آنکه ضابطه اصلی و اساسی برای تفکیک سدهای بسیار مهم از سدهای کم اهمیت تر تلقی می‌شود، عملاً اساس طبقه بندیها را نیز تشکیل می‌دهد. یادآوری می‌شود تعداد کثیری از سدهای ایالات متحده و کانادا در تملک مؤسسات عظیم خصوصی (غیردولتی) قرار دارد و همچنین، بخاطر وجود نوعی عدم تمرکز در سیستمهای اقتصادی - اجتماعی و حقوقی اینگونه ممالک، تنوع قابل توجهی در ضوابط مستعمل در ایالات و مناطق مختلف کشورهای مزبور مشاهده می‌شود. بدین ترتیب (برخلاف ممالک بلوک شرق)، ارزش و اهمیت ملی سازه غالباً در اهمیت ایالتی یا منطقه‌ای آن مستحیل می‌گردد. در ایالات متحده، انگلستان، کانادا و چند کشور دیگر، ایمنی سدها خصوصاً در مواردی که خطر بروز تلفات جانی محتمل باشد متکی و ناظر بر ملاحظات اقتصادی نیست و به همین دلیل سدهای پر اهمیت یا پر خطر را با انتخاب سیلاب حداکثر محتمل (PMF) طراحی می‌کنند. این انتخاب رابطه بسیار صریح و روشنی با بنیه اقتصادی و توانائی مالی کشورهای مزبور (و سایر ممالک ثروتمند) دارد؛ پنج دستگاه فعال در زمینه طراحی، احداث و بهره‌برداری از سدهای آمریکا، جملگی ضابطه مزبور را به عنوان استاندارد ایمنی پرخطرترین سدهای خود پذیرفته و رعایت می‌کنند (Stallings, 1987) ولی اختلاف نظر و عمل درباره سدهای کم اهمیت تر، بین دستگاههای دولتی و نیز بخشهای خصوصی، زیاد و قابل توجه است. (Jansen, 1988)

۵-۴-۵ یکی از مهمترین ضوابط طبقه بندی سدها در کشورهای مختلف، میزان یا شدت ضایعات و خسارات بالقوه‌ای می‌باشد که به دنبال شکست سدها پدید می‌آید. بخشی از خسارات که مشتمل بر تخریب خود سد و تأسیسات و مایملک عمومی و خصوصی، جاده‌ها و خطوط ارتباطی و مخابرات، قطع آب و برق شهرها و به طور کلی سیل زدگی مناطق شهری و روستایی و تبعات اقتصادی آن می‌باشد کم و بیش قابل ارزیابی و محاسبه می‌باشد ولی بخش دیگر ضایعات که به طور اخص به تلفات جانی و تعیین ارزش پولی جان انسانها و همچنین اثرات غیر مستقیم سیل زدگی نظیر رکود در فعالیتهای اجتماعی، بیکاری و امثالهم مربوط می‌شود طبعاً مقوله پیچیده ای است که ارزیابی آن به سهولت میسر نمی‌باشد. بی مورد نیست به این مطالب اشاره شود که گزارش «انجمن مهندسين سيويل آمريكا» درباره «ارزيابي مجدد كفايت قدرت تخليه سرريز سدهاي موجود» که در سال

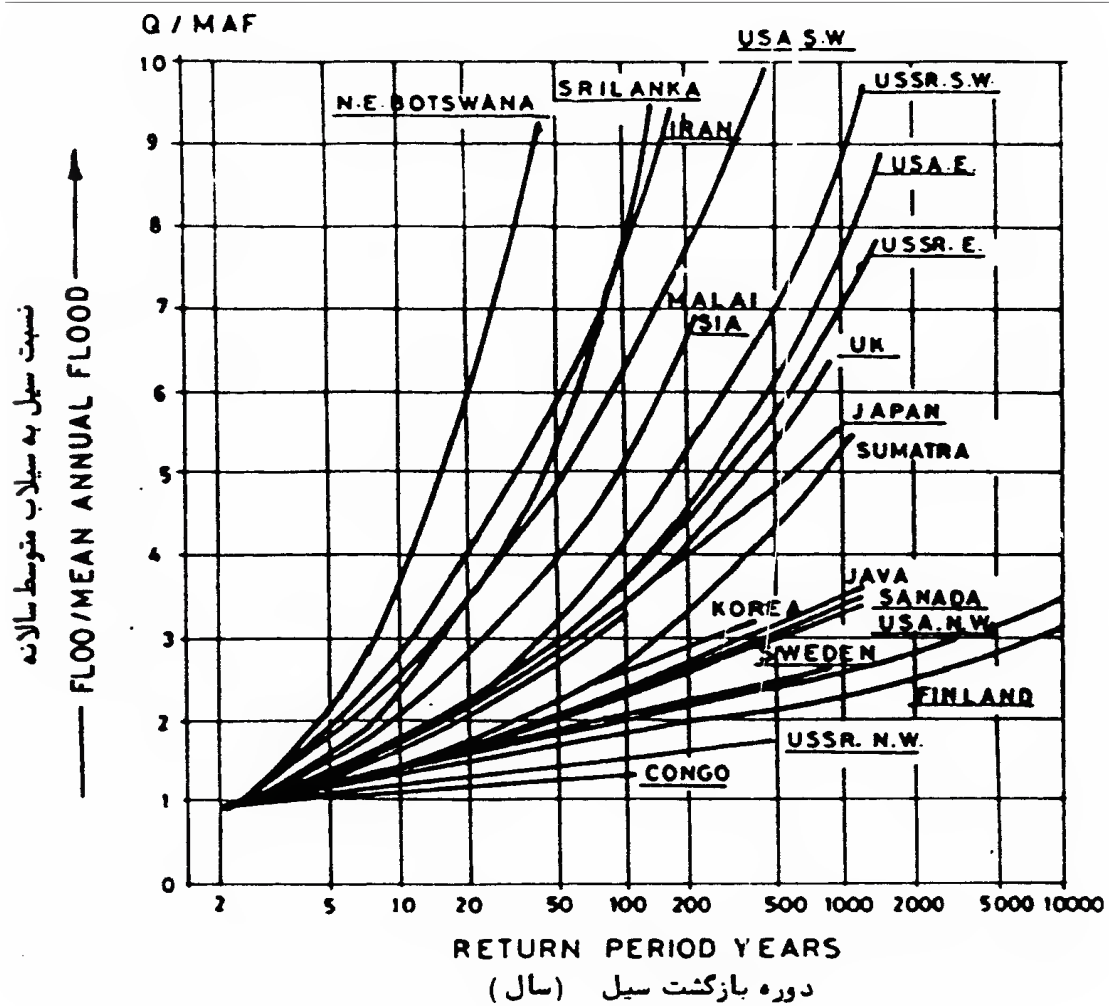
۱۹۷۳ میلادی منتشر شد ارقام ذیل را به عنوان ارزش پولی ضایعات ناشی از شکست سدها ذکر می‌کند: (Kite, 1977)

- هزینه تلفات انسانی ۱۵۰۰۰۰۰ دلار برای هر نفر.
 - هزینه معلولیت دائم و مادام‌العمر ۲۰۰۰۰۰۰ دلار برای هر نفر.
 - هزینه جراحتهای بدون معلولیت ۱۰۰۰۰۰ دلار برای هر نفر.
- مسئله ارزش‌گذاری پولی جان انسانها از سالها پیش در عرصه مهندسی و در ممالک صنعتی غربی مطرح بوده و از زوایای مختلف مورد توجه و بحث قرار داشته (Schulz, 1973) لیکن هنوز به شکل جدی در معرض افکار عمومی قرار نگرفته است زیرا چنین استنباط می‌شود که با مخالفت شدید مواجه خواهد شد (GRQ₆₃, 1988). همین امر در انتخاب PMF به عنوان سیلاب طراحی سدهایی متجلی می‌شود که شکست آنها خطرات جانی و ضایعات انسانی را به دنبال خواهد داشت. بعضی از کشورهای دیگر که از PMF برای طراحی استفاده نمی‌کنند، آنچنان تفسیری از سیلاب انتخابی خود ارائه می‌دهند که گویی بالاترین حد معقول ایمنی را برای حفاظت از جان اتباع خود برگزیده‌اند (مثلاً فرانسه یا ژیمبابوه)^۱. تکنیکها و روشهای محاسباتی و مطالعاتی مختلفی برای ارزیابی و گروه بندی خطرات شکست سدها وجود دارد. آنالیز شکست سد^۲ که خود طیف گسترده‌ای از تکنیکهای مورد بحث را شامل می‌شود، یک اقدام اساسی برای مطالعه و ارزیابی پیامد شکست سدها می‌باشد و از این رو تردیدی نیست که بایستی جزء لاینفک مطالعات سدسازی و ایزاری جهت طبقه‌بندی خسارات شکست سدهای ایران نیز محسوب شود.

روش تحلیل اضافه خسارت ناشی از شکست سد که بویژه در استرالیا متداول است دارای این مزیت بارز است که تفاوت دو وضعیت سیل‌زدگی، یکی بدون شکست سد و دیگری پس از شکست و فروریختن سد را مورد توجه قرار می‌دهد و بدین طریق، خسارات و ضایعات اضافی و مازاد بر وضعیت اول (یعنی اضافه خسارت مربوط به شکست سد) را تعیین نموده و آن را ضابطه اصلی انتخاب سیلاب طراحی قرار می‌دهد. این روش را باید گامی منطقی در جهت ارزیابی واقع‌بینانه پیامدهای شکست سد محسوب نمود. اگر شرایط و امکانات حفاظتی موجود در پایاب سدی نتواند در برابر مثلاً سیل یک‌هزارساله پایداری و استقامت نشان دهد و نتیجتاً خسارات شدید و ضایعات فاجعه باری پدید آید چه دلیلی وجود دارد که سرریز چنان سدی برای رفع سیل ده هزار ساله یا PMF طراحی شود؟ اضافه خسارت ناشی از شکست سد در چنین وضعیتی تا چه اندازه در افزایش ابعاد فاجعه مؤثر است؟ پدیده شکست سدها و روشهای ارزیابی خسارات ناشی در فصل ۴ این نشریه آمده است و از این رو اینجا به نکات زیر اشاره می‌شود:

الف - سیستم‌های هشدار دهنده سیلاب یکی از ابزارهای امروزی جهت مقابله با سیلها و خطرات آنها محسوب می‌شود. چنانچه سیستم مناسب، کارا و قابل اعتمادی برای پیش بینی کوتاه مدت سیلها تعبیه و احداث شود می‌توان امیدوار بود که اولاً بهره‌برداری از سدها به نحو مطلوب‌تری صورت گیرد و ثانیاً امر آگاه ساختن مردم از وقوع سیلابهای عظیم و کمک رسانی و امداد برای تخلیه افراد، تجهیزات و ماشین‌آلات و احشام از پهنه سیل‌گیر

۲- مراجعه کنید به متن اصلی منابع که در بندهای قبلی مورد اشاره قرار گرفت.



نمودار شماره ۵-۱ مقایسه رژیم عمومی هیدرولوژیک در تعدادی از کشورهای جهان

۹-۴-۵ کمیت و کیفیت داده‌های پایه از عواملی است که به طور غیرمستقیم بر انتخاب سیلاب طراحی، بویژه در انتخاب روش برآورد سیلها و تنظیم و تعدیل نتایج محاسبات تأثیر می‌گذارد. کمبود داده‌های پایه و کوتاهی دوره آمار برداری مسئله‌ای بین‌المللی است که در کشورهای در حال رشد به شکل جدی‌تری مطرح می‌باشد. «..... در اینگونه ممالک، (در حال رشد)، کوتاهی دوره آماربرداری و کیفیت نازل و عموماً غیرقابل اعتماد داده‌های هواشناسی و هیدرولوژی مزید بر علت شده و کاربرد تکنیکهای محاسباتی (اعم از روشهای تجربی، آماری، یا هیدرو متئورولوژی) برای تعیین سیلابهای طراحی را دشوارتر می‌سازد» (Q₆₃ R₇₀, 1988) بعضی از کشورها ضمن توجه خاص به این مطلب، یک ضریب اطمینان را برای سیلابهای طراحی محاسبه شده خود در نظر می‌گیرند. این ضریب اطمینان مثلاً برای پروژه‌های «مهم» کشورهای چین یا ژاپن حدود بیست درصد رقم سیلاب محاسبه شده است. (Q₆₃ R₈₈, 1988) (JANCOLD, 1976)؛ بولتن شماره ۵۹ کمیسیون جهانی سدهای بزرگ با عنوان «راهنمای ایمنی سدها» نیز توصیه می‌کند که نتایج محاسبات و برآورد سیلابهای طراحی را باید با عنایت به کم و کیف داده‌های پایه مورد ارزیابی و تفسیر قرارداد (ICOLD, 1987) و بدین ترتیب می‌توان اظهار داشت که اگر چه داده‌های پایه مستقیماً در انتخاب سیلاب طراحی دخالت ندارد لیکن لازم است در تفسیر و تعدیل نتایج محاسبات به نحوی ملحوظ گردد.

۵-۴-۱۰ در خاتمه این بحث لازم است به حدود و دامنه عمومی سیلابهای طراحی انتخابی که در کشورهای مورد بررسی مشاهده می‌شود اشاره گردد. در اینجا بی آنکه هیچیک از استانداردهای رایج را به طور اخص مدنظر قرار دهیم می‌توان «دامنه تغییرات» سیلابهای طراحی برای سه طبقه از سدها را به شرح زیر دانست:

– سدهای بسیار مهم سیل ۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ ساله (یا PMF)

– سدهای مهم سیل ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ ساله

– سدهای عادی سیل ۲۰ تا ۲۰۰ ساله

اگرچه واژه‌های «بسیار مهم، مهم و یا عادی» به صورت گوناگونی نزد ملل مختلف تفسیر می‌شود، معهدا ارائه آن به شکل فوق مفید به نظر رسید زیرا عملاً حدود و دامنه امروزی سیلابهای طراحی در طیف بالنسبه وسیعی از کشورهای جهان را نشان می‌دهد. همچنین انتخاب یک نوع طبقه‌بندی سه گانه برای سدها، آن هم در شرایطی که هیچگونه طبقه‌بندی سراسری ملی سدهای موجود و آتی کشور هنوز تنظیم و آماده نشده است، بهتر و ارجح بر طبقه‌بندیهای تفصیلی‌تر به نظر می‌رسد. بدیهی است که اینگونه طبقه‌بندیهای ساده راه را برای تنظیم ضوابط و مقررات تفصیلی طبقه‌بندی سدها هموار ساخته به همراه پیشرفتهای تحقیقاتی و اجرایی در زمینه مورد بحث، می‌توان به تنظیم و تدقیق اینگونه ضوابط قراردادی ساده مبادرت ورزید.

بی‌مورد نیست یادآوری شود نیازهای بخش کشاورزی به آب سدها معمولاً و غالباً بیشترین سهم را از منابع آبی که بوسیله سدها تنظیم و ذخیره می‌شود طلب می‌کند: در ایران بالغ بر ۸۰ تا ۹۰ درصد از آبهای ذخیره شده را باید به کشت و زرع اختصاص داد و بدین ترتیب می‌توان اظهار داشت که خطر شکست سدها در اینگونه ممالک در وهله نخست به خسارات ناشی در بخش کشاورزی مربوط می‌شود و نه صنعت. (Afshar, 1990) معهدا این امر در مقیاس کلی و کشوری مصداق داشته و بیانگر این واقعیت است که خطرات بالقوه شکست سدها در ممالک جهان سوم تفاوتی با ممالک پیشرفته صنعتی دارد. در مقیاس منطقه‌ای و محلی طبعاً لازمست ویژگیهای خاص عمرانی اراضی پایاب هر سد و شرایط آبی عمرانی اختصاصی آن مورد توجه و بررسی قرار گیرد.

مطالبی که در این بخش به اختصار ذکر شد اولاً، مهمترین پارامترها و مؤلفه‌های مؤثر و دخیل در طبقه‌بندی سدها و انتخاب سیلابهای طراحی را برشمرده برخی از جوانب امر را که به طور اخص به شرایط ایران مربوط می‌شود مطرح می‌سازد و ثانیاً حدود و دامنه امروزی سیلابهای طراحی منتخب در تعدادی از کشورهای جهان را نیز مشخص می‌نماید. بنابراین می‌توان انتظار داشت که بحث و گفتگوهای بیشتر درباره همین جنبه‌ها و سایر مواردیکه احیاناً در این جزوه مورد توجه قرار نگرفته است، راه را برای جمع بندی و تلفیق و مآلاً تنظیم و تدوین استانداردهای ملی ایمنی سدهای ایران در مقابل سیلابها هموارتر سازد.

- 1- SERAFIM, J.L. (Editor), 1984: "Safety of Dams", proc. of the International Conference on Safety of Dams, Coimbra, 23-28 April.
- 2- KITE, G.W. 1977: "Frequency and Risk Analysis in Hydrology".
- 3- ICOLD, 16th Congress, 1988, GR- Q63: General Report on Design Flood and Operational Flood Control, M. BOUVARD.
- 4- UNESCO , 1982: "Methods of Hydrological Computation for Water Projects".
- 5- GOODMAN, A.S., 1984: "Principes of Water Resources Planning", P331, Spillway Design Flood.
- 6- ICOLD, 16th Congress, 1988, Q63-R22: "Safety of Swiss Dams Against Floods, Design Criteria and Design Floods".
- 7- UNESCO, 1976: "Flood Flow Computation-Methods Compiled From World Experience".
- 8- ICOLD, 16th Congress, 1988, Q63 - R28: "Norwegian Procedures for Flood Estimation", N.R. SAELTHUN.
- 9- ICOLD, 11th Congress, 1973, Q41- R8: "Determination des Crues de Project".
- 10- ICOLD, 16th Congress, 1988, Q63- R78: "Augmentation de la Capacite des Ouvrages d Evacuation de Divers Barrages", J.C.Millet,J. Chambon, G.Sayer.
- 11- Constantinescu , C. 1983: 'Some General Considerations about the Hydrotechnical Construction Design Flood".
- 12- ICOLD, 16th Congress, 1988, Q63- R65: "Basic Criteria For Sizing Large Dam Spillways" . K.D. GARCIA.
- 13- ICOLD, 16th Congress, 1988; Q63- R67: "Towards New Guide lines on Spillway Design in Sweden"; S.BERGSTROM.
- 14- ICOLD, 16th Congress, 1988; Q63- R61: "The Ore River, Sweden. Consequences of Upredicted High Floods'; G. ENFORS.
- 15- ICOLD, 16th Congress, 1988; Q63- R57: 'Experience in Design Flood Analysis of Dams in Finland"; P.H. REITER.
- 16- The Institution of Civil Engineers (ICE), 1989: "Floods and Reservoir Safety".
- 17- ICOLD, 16th Congress, 1988; Q63- R53: "Determination of Design Flood and its Application to Existing Dams".

- 18- ICOLD, 14th Congress, 1982; Q52- R37: "Safety of Existing Earth Dams Against Floods"; I.KRBAST and J. PARIZEK.
- 18- ICOLD, 16th Congress, 1988; Q63- R39: "Determination of Design Flood for 'Spillways"; Bi-Huei WANG.
- 20- Romanian Standard; 1983: "Hydrotechnical Constructions: Class Importance classification and Design Flood for Hydrotechnical Construction Projects", Stas 4273, Reviewed 1983; Stas 4063, Reviewed 1982.
- 21- JANSEN, R.B. (Editor), 1988:" Advanced Dam Engineering for Design, Construction and Rehabilitation.
- 22- ICOLD 11th Congress, 1973; Q41- R34: "Design Storms and Floods For the Central Pacific Zone of Mexico"; F.G. BILLARRIAL.
- 23- ICOLD,16th Congress, 1988; Q63- R68: "Derivation of Design Floods for Hydroprojects in Pacific Canada "; C.V. KARTHA.
- 24- ICOLD, 11th Congress, 1973; Q41- R22: " Nile Regime, Design Floods and Operation Rules of the High Aswan Dam".
- 25- ICOLD, 16th Congress, 1988; Q63- R70: " La Determination de la Crue de Projet : Les Principes et leur Application"; Ch. GUILLAUD.
- 26- ICOLD, 16th Congress, 1988; Q63- R55: "Design Floods in Egyptian Dams and Barrages"; W.K. SHENOUDA.
- 27- SANCOLD, 1986: "Safety Evaluation of Dams-Interim Guide lines on Safety in Relation to Floods".
- 28- ICOLD, 16th Congress, 1988; Q63- R30: "The Assessment of Design Flood Parameters in Zimbabwe"; T.C. KABELL.
- 29- JANCOLD, 1976: " Design Criteria for Dams".
- 30 ICOLD, 16th Congress, 1988; Q63- R15: " Design Flood Guidelines- Australia'; B.L. CANTWELL, K.A. MURLEY.
- 31- ANCOLD, 1986:" Guidelines on Design Floods for Dams".
- 32- ICOLD, 16th Congress, 1988; Q63- R88:"Determination of Design Flood in China". J.PAN and W. TENG.
- 33- STALLINGS, E.A., 1987:" Determination of Design Floods Using Storm Data"; J. of Hydrology, Vol. 96,PP 319-328
- 34- ICOLD, Bul. #59, 1987:"Dam Safety Guidelines".
- 35- SCHULZ, et al. 1973: "Floods and Droughts; Proc. of the 2nd International symposium in Hydrology, P 287.

- 36- AFSHAR, A. and M.A. MARINO, 1990: "Determining Optimum Spillway Capacity Based on Estimated Flood Distribution"; Water power and Dam Construction, January.
- 37- Chinese Standards, 1979: "Grade Classification and Design Standard of Hydro-Projects. SDJ-12-78.