



گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی
دانشکده منابع طبیعی
دانشگاه تهران

کنترل سیل

علیرضا مقدم نیا
a.moghaddamnia@ut.ac.it

منابع جهت مطالعه

- کارلوس ای. ام. توچی، مترجمان: محمد حسین رشیدی مهرآبادی و محمد صادق صادقیان، مدیریت سیلاب شهری. نشر نوآور، تهران، چاپ اول، ۱۳۹۲.
- ایوان آنجلکوویک، مترجمان: محمد ابراهیم بنی حبیب، شکور سلطانی و آذر عربی، مدیریت سیلاب شهری (روشهای غیرسازه ای). نشر البرز فردانش، تهران، چاپ اول، ۱۳۹۲.
- آ. رامانچاندرا رائو و خالد ح. حامد، مترجمان: سید سعید اسلامیان و سعید سلطانی کوپائی، تحلیل فراوانی سیل. انتشارات ارکان، تهران، چاپ اول، ۱۳۸۱.
- اس. ان. گش، مترجم: مسعود قدسیان، مهار سیلاب و مهندسی زهکشی. مرکز نشر آثار علمی دانشگاه تربیت مدرس. ۱۳۷۷.

کنترل سیل (Flood Control)

- اهمیت سیل: بخشی از سازمان ملل متحد به بلایای طبیعی و انسان ساز مربوط می شود. در بین بلایای طبیعی که توسط سازمان ملل در دنیا شناخته شده چند بلئیه خیلی حائز اهمیت هستند. حدود ۴۱ نوع بلای طبیعی توسط سازمان ملل متحد شناخته شده اند که بلایای طبیعی از نظر میزان خسارات مهمتر از بلایای انسان ساز هستند و در بین بلایای طبیعی حدود ۵ بلئیه از بقیه مهمتر هستند که شامل سیل، زلزله، خشکسالی و طوفان است. تا سال ۱۹۹۰ میلادی، مهمترین بلای طبیعی در جهان زلزله بود، از سال ۱۹۹۰ به بعد مهمترین بلایای طبیعی سیل شد. در قبل از سال ۱۹۹۰ میلادی سیل رتبه دوم را داشت و از سال ۱۹۹۰ میلادی به بعد، سیل رتبه اول و پس از آن زلزله در رتبه دوم قرار گرفت.

تعاریف سیل

• تعاریف متعددی برای سیل ارائه گردیده است.

- **An overflow or inundation** that comes from a river or other body of water and causes or threatens damage. Any relatively high streamflow overtopping the natural or artificial banks in any reach of a stream.

(<http://ks.water.usgs.gov/waterwatch/flood/definition.html>)

- the inundation of land that is normally dry through the overflowing of a body of water, esp a river.

(<http://www.thefreedictionary.com/flood>)

- the state of a river that is at an abnormally high level.

(<http://www.thefreedictionary.com/flood>)

تعاريف سيل

- An overflow of water onto normally dry land. The inundation of a normally dry area caused by rising water in an existing waterway, such as a river, stream, or drainage ditch. Ponding of water at or near the point where the rain fell. Flooding is a longer term event than flash flooding: it may last days or weeks.

(<http://www.srh.noaa.gov/mrx/hydro/flooddef.php>)

- Flood: A temporary covering of land by water outside its normal confines. From a more social science point of view it is water in a place where we don't want it, at a time we don't want it, in a quantity we don't want.

تعاریف سیل

- هر گونه جریان آبی را که به امکانات افراد لطمه وارد سازد، سیلاب می گویند (کامیاب، ۱۳۶۳).
- جریان یا بالا آمدن نسبتاً زیاد آب در یک رودخانه به میزانی که در مواقع معمول به طور واضح بیشتر باشد و نیز فراگرفتن زمینهای پست ناشی از بالا آمدن سطح آب را گویند (فرهنگ آبیاری و زهکشی، ۱۳۶۵).
- برخی از متخصصین هیدرولوژی طغیان را به دبی اتلاق می کنند که مساوی یا برابر مضربی از دبی متوسط سالیانه باشد (ضیائی، ۱۳۷۰).
- وارد شدن آب در یک رودخانه به میزانی که از مواقع معمولی بیشتر است و در بسیاری از موارد سبب بروز خسارت و صدمات فراوان می شود (سراج زاده، ۱۳۷۲).
- هر جریان سطحی جدا از عامل ایجاد آن در صورتی سیل نامیده می شود که بر حسب عرف با افزایش حجم زیاد آب در یک مقطع مشخص همراه باشد. از تداوم زمانی محدودی برخوردار است. معمولاً از بستر طبیعی سرریز شده و اراضی اطراف را در بر می گیرد و خسارت جانی و مالی به بار آورد (صادقی، ۱۳۷۴).

تعاریف سیل

- طغیان رودها را که براساس بالا آمدن آب از حد معمول اراضی مجاور را تحت پوشش قرار دهد سیلاب می گویند(شیدایی، ۱۳۷۵).
- سیلاب ناشی از جریان هرزآبی است که بر اثر بارش باران یا ذوب برف بوجود آمده و دبی آن به اندازه ای است که از سطح معمولی آب در نهرها و رودخانه ها بالاتر می آید(احمدی و همکاران، ۱۳۸۰).
- سرریز شدن یا طغیان کردن آب از جریان یک رودخانه را که باعث خسارت شود سیل می گویند. همچنین جریان رودخانه ای نسبتاً زیاد که از مقطع طبیعی یا مصنوعی در یک بازه از رودخانه تجاوز کرده و سرریز شود را سیل می نامند(USACE، 2000).

تعاریف سیل

- سیل عبارت است از افزایش ناگهانی و بیش از حد معمول آب و در نتیجه ایجاد هیدروگرافهای نوک تیز. وقتی که دبی رودخانه در یک مدت زمان کوتاهی به عنوان مثال از ۱۰ متر مکعب بر ثانیه به ۴۰ متر مکعب بر ثانیه برسد، سیل گفته می شود. در تعریف ارائه گردیده، سیل موقعی رخ می دهد که بیشتر از حد فوقانی بستر باشد. از این رو، سطح مقطع کانال و مرفولوژی کانال دخالت دارد. وقتی که رودخانه بیشتر از بستر پر از آب است و آب مازاد وارد دشتهای سیلابی (Flood Plains) می گردد، مرفولوژی رودخانه هم دخالت دارد.

تعاریف سیل

- سیل میزان دبی یا سطح آبی است که از بستر رودخانه خارج شده و باعث خسارات یا تلفات انسانی می شود. در این تعریف بحث اقتصادی مطرح است. اگر سیل تلفات انسانی ایجاد نکند از نظر این تعریف مهم نیست و به این گونه سیل، سیلهای خسارتی (سیلهای خسارت زا) گفته می شود. این تعریف مورد قبول سازمانهای بین المللی و مداخله کننده در امور سیلاب است. آنچه که عمدتاً در دنیا مورد توجه است، سیلهای خسارت زایی است که انسان و سرمایه اش آسیب می بیند.

تعاریف سیل

- مجموعه همه تعاریف بالا برای سیل در نظر گرفته می شود. مهمترین تعریف مربوط به سیل‌های خسارت‌زا است. یعنی در تعریف سیل، آمار دبی هیدروگراف، مرفولوژی رودخانه و خسارات انسانی در نظر گرفته می شود.

The causes of floods are manifold, but may be categorised broadly under the following headings:

Natural causes:

- precipitation (rainfall, hail & snowmelt)
- landslides (slope instability, erosion, seismic activity)
- storm surge (e.g. low pressure in North Sea raising tidal levels)
- high groundwater levels (hence quicker runoff in chalk catchments or saturated ground)
- glacier melt or collapse (due to volcanic action)
- climate change (affecting precipitation and sea level).

Man made causes:

- dam failures (catastrophic, overtopping, piping, etc.)
- embankment failures (river & coastal flood defence embankments)
- floodplain encroachment (building on floodplains, loss of storage)
- change of land use (crop change, compaction of soil, deforestation, etc.)
- inadequate planning controls within whole catchment area (local & national)
- inadequate drainage capacity (urbanisation) & siltation (natural)
- inadequate integration (e.g. between river and underground sewer/drainage systems)
- inadequate maintenance (urban watercourses, blockage of culverts, sewer systems).

انواع سیلها بر اساس منشاء بوجود آمدن سیل

1. شکسته شدن دریاچه های یخچالی

2. بارانهای شدید

3. بارانهای طویل

4. ذوب سریع برف

5. سونامی (Tsunami)

6. Storm Surge

7. ناشی از شکست سدها

8. ناشی از رانش زمین و شکست

9. ناشی از آتشفشان

انواع سیلها بر اساس منشاء بوجود آمدن سیل

1. بارانهای شدید: شدت بارش خیلی بیشتر از شدت نفوذ حوزه باشد و آب مازاد زیادی داریم که تبدیل به سیل می گردد. بارانهای شدید با تعداد روزهای بارانی هم می تواند بیان گردد. در جاهایی که بارشهای شدید دارند تعداد روزهای بارانی خیلی کم است. هر چه تعداد روزهای بارانی در سال کمتر باشد، یعنی بارندگی در زمان محدودتری متمرکزتر است. می توان بر اساس آمار سازمان هواشناسی کشور، حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته و متوسط بارندگی سالیانه را بدست آورد، نسبتی که این دو بارندگی با هم دارند در مناطقی که دارای بارشهای شدید هستند بیشتر است. نسبت بارش ۲۴ ساعته به بارندگی سالانه می تواند برای مشخص کردن شدت بارشهای شدید استفاده شود. این فاکتور مهمی از نظر سیل است. در مناطق خشک و نیمه خشک شدت بارش زیاد و تعداد روزهای بارانی کم است و سیلابهای زیادی ناشی از بارشهای شدید دارند.

سیل کاشان، سال ۱۲۸۳

در پی سه روز بارندگی سیل آسا ، باغات غرب کاشان و
قنوات از بین می روند و کانالها از لای پر می گردد . اهالی
مناطق شمالی منطقه کاشان نظیر : نوش آباد ، آران و بیدگل
در سیلاب محاصره و امید به زندگی خود را از دست می دهند ،
که خوشبختانه بعد از سه روز ، سیلاب فروکش می نماید ،
خسارات وارده در مورد قنوات از بین رفته ، باغات و
اعیانی و مستغلات و ... متجاوز از ۲۰۰ هزار تومان ،
برآورد شده بود .

" مخاطرات و بلاهای آسمانی (هیدرومتئورولوژی) در ایران تا سال ۱۹۵۰ "

سیل نکا، ۱۳۷۸/۵/۵: بالا آمدن سطح آب رودخانه نکا رود و طغیان رودخانه و عبور سیل از میان شهر در اثر بارندگی شدید و مسدود شدن دهانه پل ها توسط درختان بریده شده



سیل سیستان، بهار ۱۳۲۸

بعد از سالی خشک ، زمستانی سخت و بهاری پر باران با سیل‌های فراگیر از راه می‌رسد و ۳۰ روستا نابود می‌گردد که ۱۲ تای آنها ب زیر آب می‌رود ، بخشی از غلات دور شده بود که توسط سیل برده می‌شود هزاران نفر بی‌خانمان می‌گردند ، قحطی بر منطقه حاکم می‌شود . در زابل هر روز ۱۰ نفر در روستاها حدود ۱۰۰ نفر مردند ، آذوقه و ارزاق از تهران حمل و بنحوی توزیع می‌شود ، اپیدمی تیفوس در زاهدان محشر بپا می‌کند و مردم از منطقه فرار می‌نمایند . حداقل ۱۲۰۰۰ پناهنده به مشهد می‌روند ، بسیاری در مسیر راه‌ها پراکنده می‌شوند و فلاکت بر مردم مستولی می‌گردد . از پاکستان ارزاق آورده می‌شود ، با توجه به خسارات سنگین ، بازسازی منطقه را در برنامه ۷ ساله گسترش کشور قرار می‌دهند .

انواع سیلها بر اساس منشاء بوجود آمدن سیل

2. بارانهای طویل: این باران خاک را به حالت اشباع در می آورد. در منحنی نفوذ خاک ابتدا شدت نفوذ خاک بالاست و با گذشت زمان شدت نفوذپذیری کم شده و رواناب و آبگذری (حرکت آب در خاک) زیاد می شود. در انتهای منحنی نفوذ وقتی که بارش شدیدی رخ می دهد، احتمال وقوع سیل بیشتر است. حد جدایی (Interface) آب و خاک و یا خاک و هوا نقش مهمی در نفوذ دارد. این سطح مانع از نفوذ آب در خاک می گردد. اگر درون خاک سخت لایه وجود داشته باشد، یک حالت ماندابی بوجود می آید و آبگذری و نفوذ متوقف می شود.

سیل یزد، سال ۶۷۳

بعد از ۵ روز باران شدید سیلاب در منطقه شرق و جنوب
شهر ایجاد تخریب نمود و آب با شکستن با روی شهر وارد
آن شد و بخش عمده شهر را از بین می برد و مردم به ارتفاعات
می گریزند .

" مخاطرات و بلاهای آسمانی (هیدرومتئورولوژی) در ایران تا سال ۱۹۵۰ "

سیل خوزستان، دی ماه ۱۳۰۲

باران سیل آسا به مدت ۵ روز در منطقه سیلابهای مهمی را جاری می نماید ، بخشی از پل والرین در شوشتر می شکند ، در اهواز ۲۵۰ خانه و مغازه تخریب می شود و تعدادی جان خود را از دست می دهند ولی خسارات به مزارع و احشام فراوان بوده است . در خرمشهر تعدادی از اعراب همراه با احشام خود از بین می روند و شیخ منطقه به کمک مردم بی خانمان می شتابند و برای نجات شهر دستور ساخت بند سیل گیر داده می شود . سیلاب به مناطق خلیج فارس گسترش می یابد و در شیراز ساختمانهای زیادی تخریب می شوند .

” مخاطرات و بلاهای آسمانی (هیدرومتئورولوژی) در ایران تا سال ۱۹۵۰ ”

انواع سیلها بر اساس منشاء بوجود آمدن سیل

اگر سخت لایه در عمق نیم متری خاک باشد، در یک خاک متوسط هم یک میلیمتر بارش، یک سانتیمتر خاک را خیس می کند. بنابر این ۵۰ میلیمتر بارش خاک را خوب خیس می کند و اگر بارش به ۷۰ میلیمتر رسید، دیگر بارش تبدیل به سیل می شود و در این حالت آبگذری و نفوذ متوقف می شود و بارش به رواناب تبدیل می شود. بعضی از گونه های سورنی برگ نظیر کاج از خود صمغ ترشح می کند و این صمغ مانع نفوذ آب در خاک شده و آب جریان پیدا می کند.

انواع سیلها بر اساس منشاء بوجود آمدن سیل

3. ذوب سریع برف: برف یک جریان تاخیری ایجاد می کند. چون ذوب آن با تاخیر ایجاد می شود. اگر ذوب برف سریع باشد، سیل بوجود می آید. اگر یک توده هوای گرم وارد حوضه شود، و برف در حوضه موجود باشد، می تواند سیل تولید کند. سیلابهای ناشی از ذوب برف از سیلابهای ناشی از بارندگی ضعیف تر هستند. ترکیبی از عوامل نظیر افزایش دما، ذوب برف و بارندگی می تواند منشاء دیگر ایجاد سیل باشد.

باران و برف سنگین در منطقه سیلاب ببار 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. کمک های مختلف به سیل زدگان ارائه می شود ، در همین سال زاینده رود طغیان می کند (در فروردین - اردیبهشت) .

انواع سیلها بر اساس منشاء بوجود آمدن سیل

- به عنوان مثال در علم کوه، که یخچال وجود دارد، افزایش دمای هوا موجب وقوع سیل می گردد و باران نقشی در ایجاد سیل ندارد (ذوب ناگهانی توده های عظیم یخ در ماه های گرم سال).
- وقتی یخچالهای کوهستانی ذوب می شوند، این ذوب شدن تشکیل یک سری دریاچه را می دهد که این دریاچه ها دارای دیواره یخی هستند و درون آنها آب وجود دارد. این دیواره یخی ممکن است در اثر افزایش دما و یا زلزله های خفیف شکسته شده و موجب رهاسازی سریع آب همراه با تکه های بزرگ یخ و در نتیجه وقوع سیلابهای خطرناک گردد. این نوع سیلاب، سیلاب یخچالی (**jökulhlaup**) (**jökull = glacier, hlaup = run**) نام دارد. این نوع سیلابها ناشی از شکسته شدن دریاچه های یخچالی هستند. در بخشهایی از زاگرس و البرز این پدیده می تواند اتفاق یفتد. مانند سیل تنکابن (به عنوان نمونه بارز: سیل منطقه سه هزار تنکابن، سال ۱۳۹۰).

انواع سیلها بر اساس منشأ بوجود آمدن سیل

A glacial lake outburst flood (GLOF) is a type of outburst flood that occurs when the dam containing a glacial lake fails. The dam can consist of glacier ice or a terminal moraine. Failure can happen due to erosion, a buildup of water pressure, an avalanche of rock or heavy snow, an earthquake or cryoseism, volcanic eruptions under the ice, or if a large enough portion of a glacier breaks off and massively displaces the waters in a glacial lake at its base.

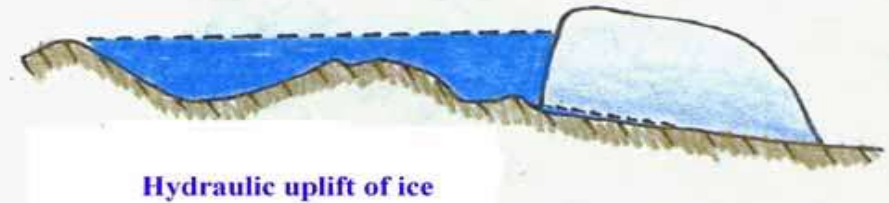
انواع سیلها بر اساس منشاء بوجود آمدن سیل

A glacial lake outburst flood is a type of outburst flood occurring when water dammed by a glacier or a moraine is released. A water body that is dammed by the front of a glacier is called a marginal lake, and a water body that is capped by the glacier is called a sub-glacial lake. When a marginal lake bursts, it may also be called a marginal lake drainage. When a sub-glacial lake bursts, it may be called a jökulhlaup.

A jökulhlaup (jökull = glacier, hlaup = run) is thus a sub-glacial outburst flood. Jökulhlaup is an Icelandic term that has been adopted into the English language, originally referring only to glacial outburst floods from Vatnajökull, which are triggered by volcanic eruptions, but now is accepted to describe any abrupt and large release of sub-glacial water.

Jokull=glacier, *Hlaup*=floodburst

- Throughout the seasons:
- rainfall
- rainfall runoff
- Snowfall
- snow melt
- and glacier melt
- At a semi-regular interval,
which differs for each lake, the
lake begins a self-dumping
process.



انواع سیلها بر اساس منشاء بوجود آمدن سیل

4. سونامی (Tsunami): / soo-NAH-mee / از کلمات ژاپنی tsu (بندر) و nami

(امواج): سیل بندرگاهی

- **Tsunami** is a series of water waves caused by the displacement of a large volume of a body of water, typically an ocean or a large lake. Earthquakes, volcanic eruptions and other underwater explosions (including detonations of underwater nuclear devices), landslides, glacier calvings, meteorite impacts and other disturbances above or below water all have the potential to generate a tsunami.

<http://en.wikipedia.org/wiki/Tsunami>

انواع سیلها بر اساس منشاء بوجود آمدن سیل

4. سونامی (Tsunami): / soo-NAH-mee / از کلمات

ژاپنی tsu (بندر) و nami (امواج): سیل بندرگاهی

بر اثر پدیده هایی نظیر زلزله های عمده تا دریایی،
رانشهای دریایی و آتشفشانهای دریایی بوجود می
آیند. سونامی از جمله سیلهای ساحلی به حساب می
آید که در مناطق ساحلی بوجود می آید. این
پدیده در خلیج فارس می تواند اتفاق بیفتد که
ارتفاع سیل تا ۴ متر می تواند برسد. در دریای خزر
می تواند رخ دهد ولی با شدت کم.

انواع سیلها بر اساس منشاء بوجود آمدن سیل

5. Storm Surge: یک نوع سیل ساحلی است.

این نوع سیلاب در اثر وزش باد غالب در سطح اقیانوسها و دریاها بوجود می آید که مانع ورود آب رودخانه به دریا شده و موجب طغیانی شدن رودخانه در اثر افزایش باد مخالف می شود. در کشورمان، در آستارا و بندر انزلی مشاهده می شود ولی در خلیج فارس بواسطه فقدان جریان باد مخالف در رودخانه های اروندرود و کارون رخ نمی دهد.

برای جلوگیری از وقوع این نوع سیلاب، در درون دریا سد ساخته می شود تا آب حاصل از موج نتواند وارد رودخانه گردد.

انواع سیلها بر اساس منشاء بوجود آمدن سیل

Storm Surge: موج خروشان ، جریان سریع و غیر عادی

A storm surge is an offshore rise of water associated with a low pressure weather system, typically tropical cyclones and strong extratropical cyclones. Storm surges are caused primarily by high winds pushing on the ocean's surface.

http://en.wikipedia.org/wiki/Storm_surge

انواع سیلها بر اساس منشاء بوجود آمدن سیل

6. سیلاب ناشی از شکست سد: معمولاً برای سدهای خاکی رخ می دهد ولی برای سدهای بتونی هم اتفاق افتاده است. علاوه بر این برای سدهای کوتاه و سدهای بزرگ اتفاق می افتد. در سدهای بزرگ به هنگام شکست سد، اثرگذاری تا حدود ۲۰ کیلومتر است.

حداقل کار مدیریتی برای این منظور، عدم احداث سدها در بالادست و مناطق مشرف به مناطق مسکونی و شهری است. به عنوان مثال در سدهای کرج، منجیل و لتیان این پدیده می تواند رخ دهد.

انواع سیلها بر اساس منشاء بوجود آمدن سیل

7. سیلاب ناشی از رانش زمین: با وقوع رانش زمین، دریاچه هایی بوجود می آید که وقتی پر از آب می شوند، ممکن است به یکباره بشکنند و موجب وقوع سیلاب شوند. این نوع سیلابها، از انواع سیلابهای مصنوعی محسوب می شوند. همانند رانش توده بزرگی که در جاده هراز رخ داد و جلوی رودخانه را گرفت و دریاچه بزرگی را بوجود آورد. به عنوان مثال، دریاچه ولشت در کلاردشت، که حدود ۵ میلیون متر مکعب آب دارد و اگر در اثر زلزله یا پاپینگ این سد شکسته شود، بسیاری از ویلاها تخریب می شوند و تلفات جانی زیادی به همراه دارد.

انواع سیلها بر اساس منشاء بوجود آمدن سیل

A landslide dam, debris dam, or barrier lake is a natural damming of a river by some kind of mass wasting: landslide, debris flow, rock avalanche or volcano.

Nonoo landslide dam after collapse



انواع سیلها بر اساس منشأ بوجود آمدن سیل

- Landslide dams are responsible for two types of flooding :**backflooding (upstream flooding)** upon creation and **downstream flooding** upon failure. Compared with catastrophic downflooding, relative slow backflooding typically presents little life hazard, but property damage can be substantial.

8. سیلاب ناشی از آتشفشان: گرمای شدید و جریان یافتن گدازه آتشفشان موجب ذوب برف شده و تولید سیلاب می کنند.

Flash flood

A flash flood is a quick flood caused by a sudden cloudburst or thunder storm. Huge amounts of water fall in a short time and in cities and towns the drains overflow and roads become flooded. Flash floods also happen in mountainous areas, where steep slopes cause the water to travel at high speeds. The rushing water erodes the soil, washing it away down the slopes. Flash floods often occur rapidly and with little warning.

تقسیم بندی سیلابها از نقطه نظر مکان وقوع پیوستن

1. سیل تحت عنوان River Flood یا Catchment Flood در داخل حوزه آبخیز رخ می دهد.
2. سیل تحت عنوان Coastal Flood در مناطق ساحلی به صورت سیلهای ساحلی از نوع Tsunami یا Storm Surge رخ می دهد.
3. سیل تحت عنوان Lake Flood یا سیل دریاچه ای در اثر بارندگی شدید و مداوم رخ می دهد. بطوری که بارندگی ممکن است در رودخانه بواسطه شرایط ایجاد سیل نکند ولی وقتی رودخانه وارد دریاچه می گردد سبب بالا آمدن سطح آب دریاچه و وقوع سیل می گردد.

تقسیم بندی دیگر سیلابها از نقطه نظر بطور طبیعی یا مصنوعی (غیرطبیعی) بوقوع پیوستن

1. سیل طبیعی Natural Flood

2. سیل مصنوعی Artificial Flood: شکست سد، رانش زمین

سیلاب مخروط افکنه ای (Alluvial fan flood)

- وقتی یک جریان آبرفتی از کوهستان به دشت وارد میشود ، شکلی شبیه به یک بادبزن در پای کوه و دشت سر ایجاد می کند. به این رسوبات به دلیل شکل مخروطی و بادبزنی واضحی که دارند، مخروط افکنه اطلاق می گردد. هر قدر از کوهستان به طرف دشت برویم از ضخامت رسوبات مخروط افکنه ای کاسته شده و بر وسعت آن افزوده می شود.
- مخاطراتی که ممکن است بر روی مخروط افکنه ها رخ دهند شامل جریانهای با سرعت زیاد، فرسایش و آبستگی شدید، رسوبگذاری، جریانهای واریزه ای (Debris Flows)، جریانهای گلی (Mudflows) ، سیلخیزی برق آسا (Flash Flooding) علاوه بر سیلاب هستند.

سیلاب مخروط افکنه ای (Alluvial fan flood)

- نقشه های سیل برای نواحی مخروط افکنه تعیین شده به عنوان نواحی سیلخیزی کم عمق، بطور غیرصحيح دلالت بر ريسک پائين آنها دارد. بواسطه سرعتهاي زياد، واريزه و فرسايش معمولا ريسكهايي وجود دارند كه كاملا جدی و مخرب هستند. علاوه بر اين، جريانهاي مخروط افكنه آبرفتی در معرض انتقال جانبي و جابجايي ناگهانی در طی يك سيلاب می باشند.
- طبيعت پويای مخروط افكنه ها در محيطهاي خشك موجب بروز چالشهاي بشماري در مدیریت دشتهای سيلابي می گردد كه عمدتاً بواسطه غيرقابل پیش بينی بودن مسيرهاي جريان و رسوب دهی قابل توجه می باشد.
- احداث خاكريزها (Levees) بر روی مخروط افكنه ها یکی از اقدامات سازه ای عمده كنترل سيلاب می باشد كه در مدیریت دشت سيلابي كل مخروط افكنه بطور موفقیت آمیزی در طول تاريخ بكار برده شده است.

سیلاب مخروط افکنه ای (Alluvial fan flood)

- بطور کلی، مخروط افکنه ها به سه بخش زیر تقسیم می شوند:

(۱) بخش ابتدایی یا بالایی (Proximal): در راس مخروط افکنه قرار داشته و دارای کانال های عمیق و رسوبات دانه درشت گراول است.

(۲) بخش میانی (Medial): جایی که جریانها از کانالهای حفر شده بالا زده و در سطح مخروط افکنه پخش می شوند. این بخش دارای کانالهای انشعابی فراوان و رسوبات دانه متوسط است.

(۳) بخش پایانی یا انتهایی (Distal): در آن کانالهای انشعابی ممکن است به صورت یک سطح ماسه ای نسبتاً مسطح و یکنواخت درآید و ذرات بسیار ریزی در حد سیلت و رس وجود دارد.



خروجی باریک (valley or gorge)

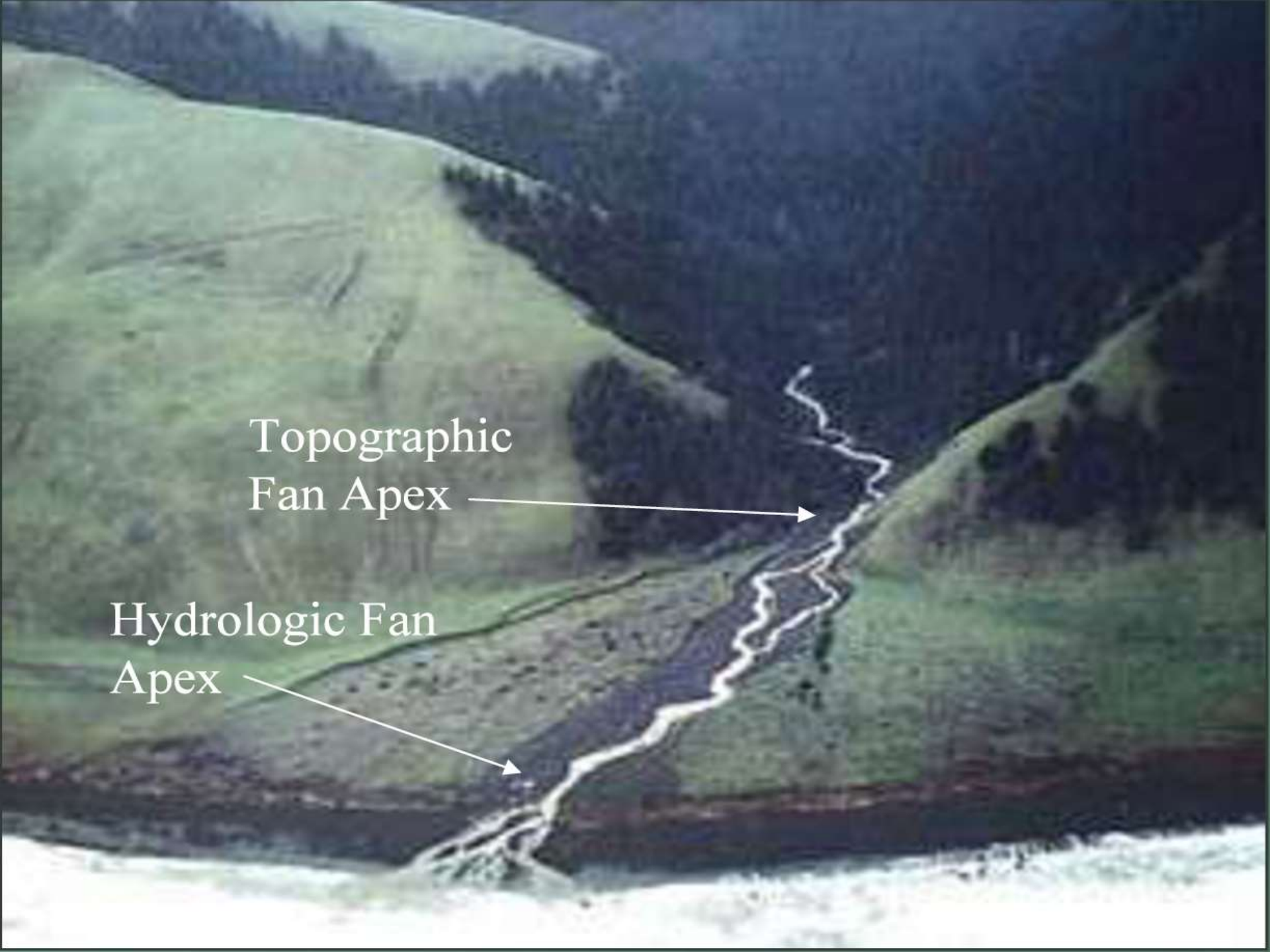
راس مخروط افکنه (Fan apex)

مخروط افکنه گسترده شعاعی



واریزه هدایت شده درشت

رسوبات دانه ریزتر شده



Topographic
Fan Apex

Hydrologic Fan
Apex

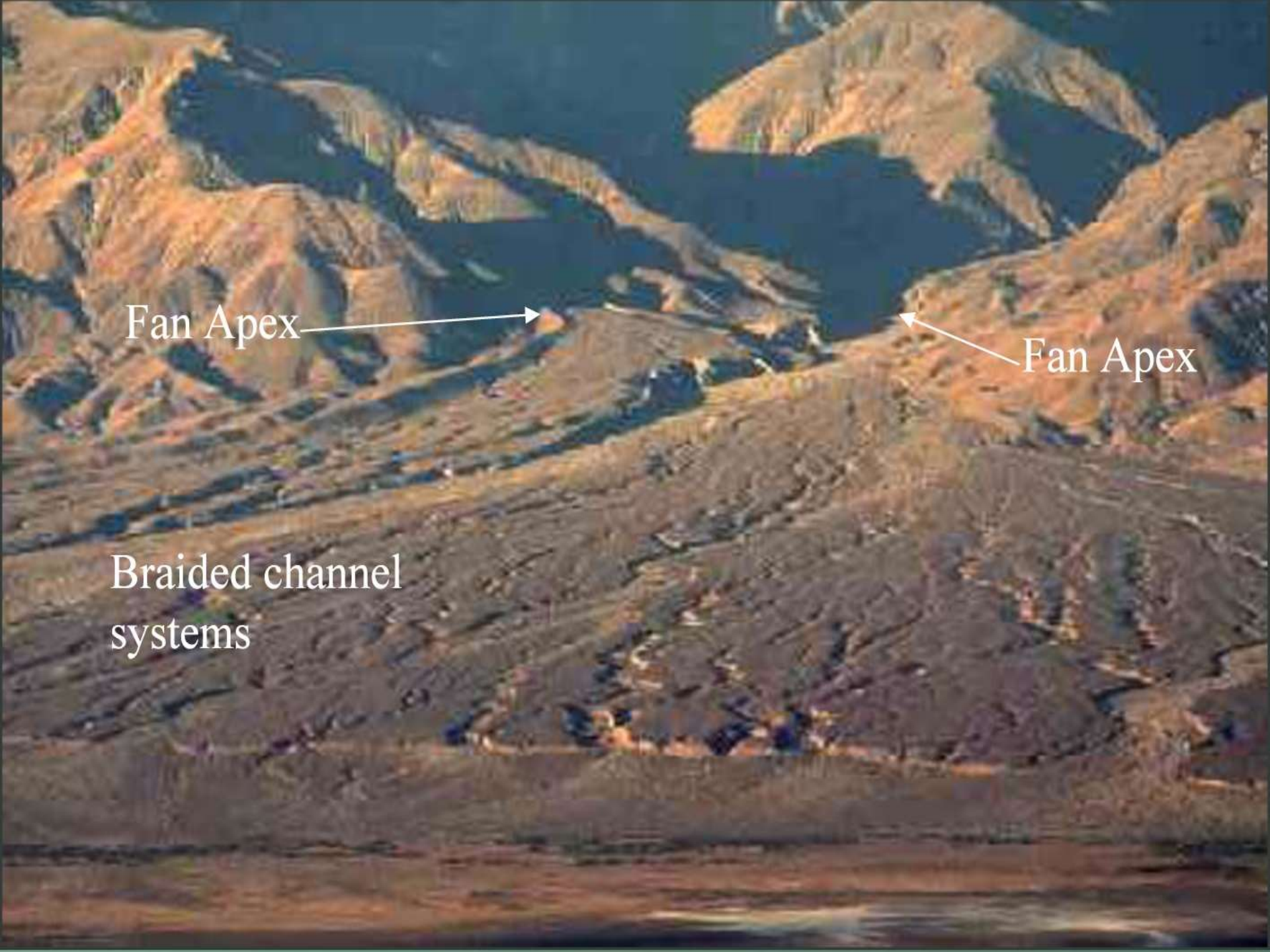


Fan apex



Radial spreading
alluvial fan

Braided channel
systems



Fan Apex

This is an aerial photograph of a large, braided river delta system. The image shows a complex network of dark, winding channels (anastomosing channels) that branch out from a mountainous region at the top. The channels are separated by lighter-colored, sandy or silty bars. Two white arrows point to the 'Fan Apex' on the left and right sides of the upper delta. The foreground shows a wide, flat expanse of water, likely a bay or the ocean, with some small waves visible. The overall color palette is dominated by the dark browns and greys of the river channels and the lighter tan and beige of the sediment bars and surrounding land.

Fan Apex

Braided channel
systems

سیلاب مخروط افکنه ای (Alluvial fan flood)

- مخروط افکنه ها در معرض خطرات سیلخیزی خاصی هستند. سیلابهای مخروط افکنه ای کمتر قابل پیش بینی بوده و مرزهای آنها نسبت به اکثر سیلابهای رودخانه ای (Riverine floods) کمتر به خوبی تعریف شده اند. برای یک سیلاب رودخانه ای، فرد پیشاپیش از محلی که سیل می خواهد طی نماید، آگاهی دارد و می تواند مقاطع عرضی را تهیه نماید. در صورتی که برای یک سیلاب مخروط افکنه ای، شخص ممکن است از محلی که آب جریان خواهد داشت، اطلاعی نداشته باشد و بنابر این نیازمند مهارتهای دیگری است.

تقسیم بندی دیگر سیلابها

1. سیلابهای رودخانه ای (غیرشهری): در حوضه رودخانه ها رخ می دهند در اثر بارندگیهای سنگین و یا بارش توام با ذوب برف، شکست ناگهانی سد، زمین لغزش، جریانهای گلی، ذوب سریع برف، انسداد رودخانه ناشی از توده های یخی، توسعه شهری نامناسب، جنگل زدایی در سطح حوزه آبخیز.

2. سیلابهای شهری: منشا محلی و موضعی دارند. مسائلی مانند آلودگی جدی آب را به همراه دارند. سیلابهای شهری برق آسا (ناگهانی) هستند که بر روی سطوح شهری (خیابانها، پارکها، پارکینگها) و همچنین در انهار کوچک شهری که آب را به داخل محلهای جمع آوری آب تخلیه می کنند رخ می دهد.

علل وقوع سیلاب شهری

- علت اصلی سیلاب شهری: رگبارهای توام با رعد و برق می باشد که در اثر بارش متوسط طولانی مدت منجر به اشباع شدن خاک می گردد.
- سایر علل سیلاب شهری عبارتند از: کاربری اراضی نامناسب، ایجاد مسیرهای نامناسب عبور آب، شکست سدهای حفاظتی شهری، انسداد در سیستمهای زهکشهای شهری و ورودیهای خیابانها، سر ریز شدن آب رودخانه ها بواسطه بالا رفتن تراز سطح آب به داخل شبکه های زهکشی شهری.

پیامدهای ناشی از افزایش رواناب در یک محیط شهری

- وارد آمدن خسارات جانی و مالی به انسانها
- سیل گرفتگی بخشهای صنعتی، تجاری و ساخت و سازها
- سیل گرفتگی خیابانها، شبکه های حمل و نقل شهری و ایجاد ترافیک سنگین
- ورود رواناب به داخل مجاری فاضلاب شهری، سرریز شدن آب از مجاری فاضلاب مرکب، ورود فاضلاب شهری به سطح خیابانها
- خسارات به اموال عمومی و شخصی
- مخاطرات بهداشتی
- اثرات منفی بر زیبایی شهر، خسارات اقتصادی
- ضرورت لایروبی خیابانها
- تاخیر در حمل و نقل عمومی
- ایجاد آلودگی مسیلهای عمومی عبور آب و محلهای جمع آوری آب.

مسائل و مشکلات ناشی از بارش زیاد در مناطق شهری

✓ مهار سیلاب و زهکش رواناب شهری

✓ فرسایش خاک

✓ رسوب مواد فرسایش یافته

✓ آلودگی اراضی و محلهای جمع آوری آب

✓ تداخل با منابع آب زیرزمینی

مسائل سیلاب شهری

- اثرات ممکن است شامل خسارات مالی، اختلال موقت در سیستمهای حمل و نقل گردد.
- صدمات به زندگی شهری.
- می تواند موجب فرسایش و ناپایداری خاکها بر روی شیبها تند تهدید کننده خانه ها گردد.
- رویدادهای حادی منجر به سیل گرفتگی برای یک یک مدت زمان طولانی می گردد.
- یک مسئله جدی موثر در بسیاری از شهرهای ساحلی، بارشهای سنگین، اثرات جذر و مدی و فقدان سیستم زهکشی مناسب می باشد.
- بواسطه پیچیدگی مسئله، ابزار مدلسازی پیشرفته مورد نیاز هستند.

اثرات شهرسازی و توسعه شهری بر روی سیلاب

پوشیده شدن سطوح طبیعی توسط ساختارهای مصنوعی

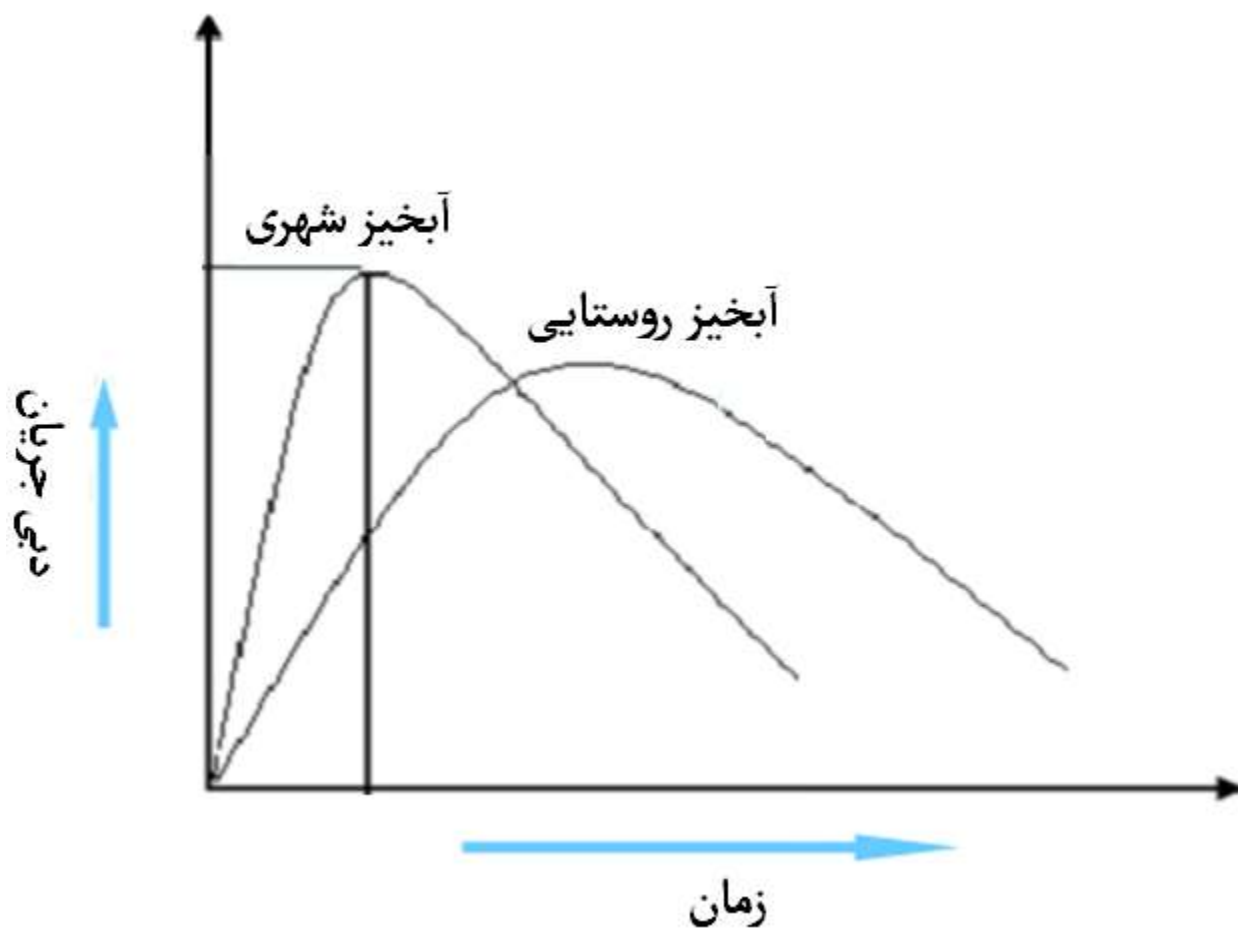
افزایش سطوح نفوذ ناپذیر.

اثرات بر روی الگوی جریان و کیفیت رواناب

جریان پیک بیشتر و زمان تا اوج سیلاب کمتر

مسئله سیل گرفتگی مناطق پست (کم ارتفاع) و اثرات نامطلوب به نواحی پائین دست

اثرات شهرسازی و توسعه شهری بر روی سیلاب



مراحل توسعه شهری

- **مرحله اول:** حوزه آبخیز به یک طریق پخشی شروع به توسعه شهری می کند با یک تراکم بیشتر در پائین دست، سیل گیری در بستر طبیعی در تنگراه های طبیعی در امتداد مسیر سیلاب ظاهر می گردد.
- **مرحله دوم:** مسیردهی (Channelization) ابتدا در پائین دست بر اساس سطح شهرسازی موجود انجام می شود که هیدروگراف پائین دست را افزایش می دهد، اما هنوز نواحی بالادست را شامل می شود که دچار سیل گرفتگی می شود. برای اینکه در همه حوزه آبخیز ساخت و ساز صورت نمی گیرد.
- **مرحله سوم:** همانطوری که تراکم افزایش می یابد، فشار جامعه مجریان و مسئولان را تشویق می کند تا کماکان به کانال کنی بالادست ادامه دهند. وقتی که فرآیند تکمیل می شود و حتی قبل از تکمیل فرآیند توسعه شهری، سیل گرفتگی به پایین دست بر می گردد که این امر بواسطه افزایش در دبی اوج سیلاب است موقعی که عریض سازی بیشتر امکان پذیر نیست. نواحی بالادست به عنوان حوضچه های تقلیل دهنده عمل می کنند. در این مرحله کانال کنی فقط سیل گیری به پائین دست انتقال می دهد. فضای بیشتری برای عریض سازی کانالها در پائین دست وجود ندارد و راه حلها مبتنی بر عمیق سازی یا لایروبی کانال با هزینه فوق العاده زیاد بسته به خاک زیرین، عرض، پوشش و نظایر آن می باشد.

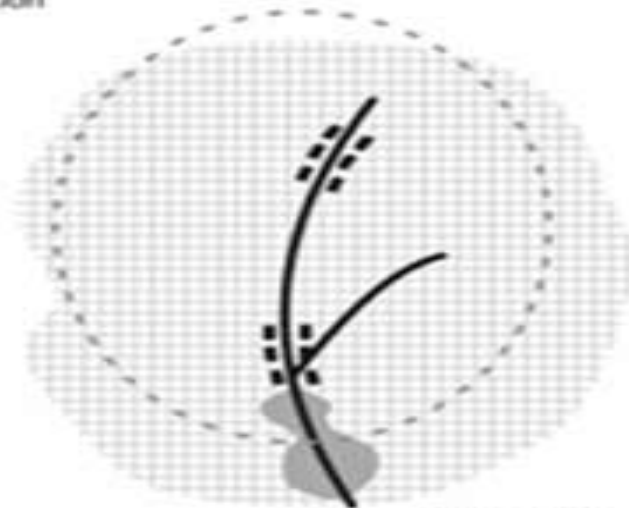
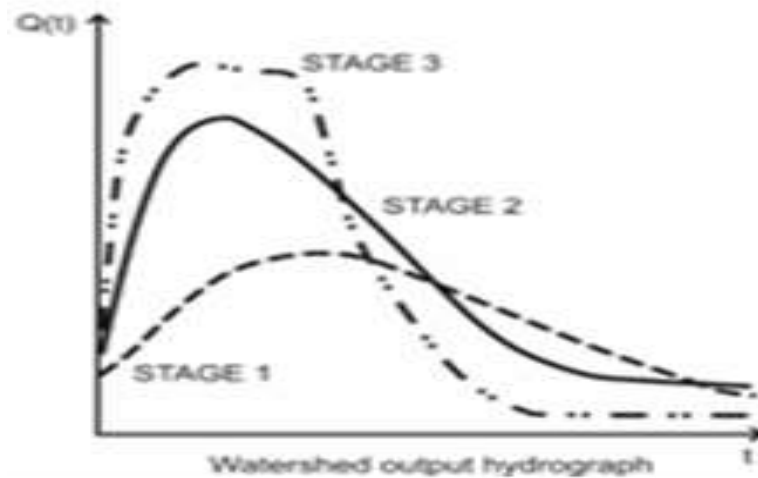
مراحل توسعه شهری



STAGE 1

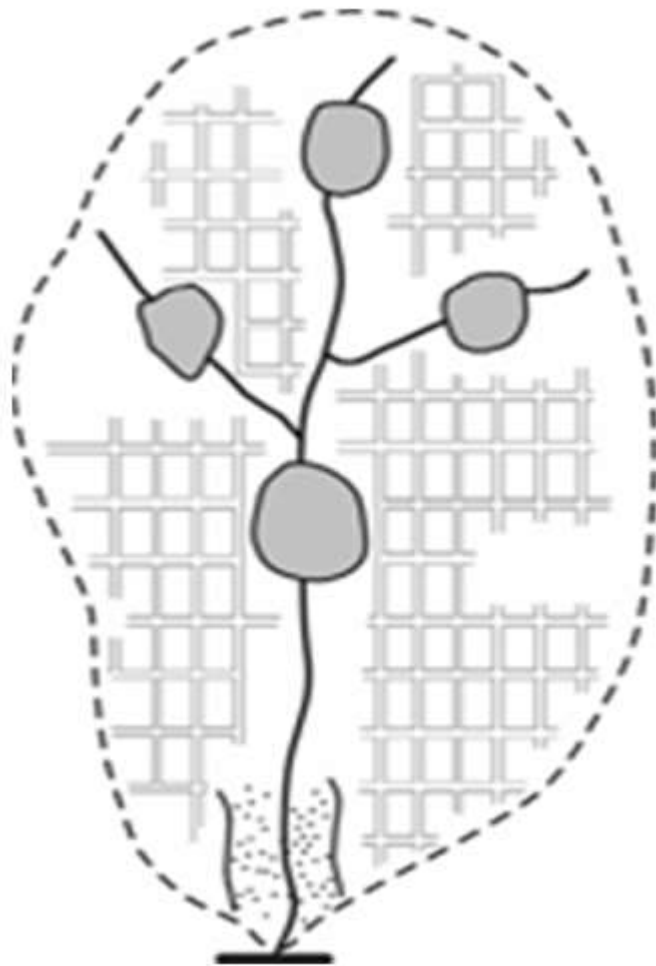


STAGE 2



STAGE 3

برنامه ریزی کنترل حوزه آبخیز در مرحله اولیه شهرسازی



تعدیل اماکن عمومی



پارکها با نواحی نگهداشت

اثرات هیدرولوژیکی توسعه شهری و شهرسازی

از طریق ایجاد ساخت و سازها بطور متناوب در یک دوره زمانی معمولاً ۱۵ تا ۲۵ سال، تغییرات عمده ای در سطح شهر ایجاد می شود. این امر موجب تبدیل سطوح نفوذ پذیر طبیعی به سطوح مصنوعی نفوذناپذیر و یا با نفوذپذیری کم می گردد که به دلیل کم شدن ظرفیت ذخیره خاک، شدت رواناب و حجم کل رواناب افزایش می یابد. ذخیره سازی طبیعی در یک حوضه بستگی به نفوذ، خیس شدن پوشش گیاهی و ظرفیت نگهداشت آب در خاک دارد.

اثرات هیدرولوژیکی توسعه شهری و شهرسازی

- یکی از پیامدهای توسعه شهری و شهرسازی وقوع تغییرات در ذخیره طبیعی آب می باشد که موجب کوتاه شدن زمان تولید رواناب و ایجاد سیلابهای برق آسا می گردد. رواناب موادی نظیر بقایای گیاهی، نیتراتها، باکتریها، مواد جامد معلق، فلزات سنگین، مواد نفتی، فضولات حیوانی، مواد شیمیایی و زباله های شهری و مواد رسوبی را با خود حمل می کند. همچنین شهرسازی و توسعه شهری سبب افزایش آلاینده ها در محیطهای طبیعی جمع کننده آب می شود.

اثرات هیدرولوژیکی توسعه شهری و شهرسازی

- یکی از پیامدهای توسعه شهری و شهرسازی وقوع تغییرات در ذخیره طبیعی آب می باشد که موجب کوتاه شدن زمان تولید رواناب و ایجاد سیلابهای برق آسا می گردد. رواناب موادی نظیر بقایای گیاهی، نیتратها، باکتریها، مواد جامد معلق، فلزات سنگین، مواد نفتی، فضولات حیوانی، مواد شیمیایی و زباله های شهری و مواد رسوبی را با خود حمل می کند. همچنین شهرسازی و توسعه شهری سبب افزایش آلاینده ها در محیطهای طبیعی جمع کننده آب می شود.

عوامل موثر در بروز سیل

1. خصوصیات آب و هوایی حوزه آبخیز:

- خصوصیات بارش (نوع بارش)
- توزیع و جهت حرکت ابر
- رژیم بارندگی
- مدت-مقدار-شدت بارش
- زمان بارش

عوامل موثر در بروز سیل

2. خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیوگرافی و زمین شناسی حوزه آبخیز:

- شکل هندسی حوزه آبخیز
- مساحت حوزه آبخیز
- ارتفاع حوزه آبخیز
- لیتولوژی، زمین شناسی و نفوذپذیری حوزه آبخیز
- شیب حوزه آبخیز
- شبکه زهکشی حوزه آبخیز (عهده دار تخلیه رواناب)
- نوع کاربری اراضی حوزه آبخیز
- جهت حوزه آبخیز
- مناطق ذخیره سطحی (دریاچه ها، باتلاقها و)

عوامل موثر در بروز سیل

2. تغییر و تحولات حوزه آبخیز:

- تغییرات در پوشش گیاهی، مساحت حوزه آبخیز، موقعیت شبکه زهکشی، ارتباط با حوزه های آبخیز مجاور
- تغییرات در جهت بادهای، میزان بارش برف و باران، درجه حرارت، میزان تبخیر و تعرق، زمان بارش
- مهمترین این تحولات، تحولاتی است که توسط انسان صورت می گیرد و موجب کاهش نفوذپذیری حوزه، افزایش سریع جریان (رواناب) و یا کاهش سیلخیزی خواهد شد. مانند توسعه مناطق شهری، احداث واحدهای مسکونی، توسعه مناطق صنعتی، تخریب جنگلها و مراتع، گسترش جنگلکاری، تغییرات شیب حوزه در اثر احداث سد، عملیات مهندسی و معدن کاری و ...

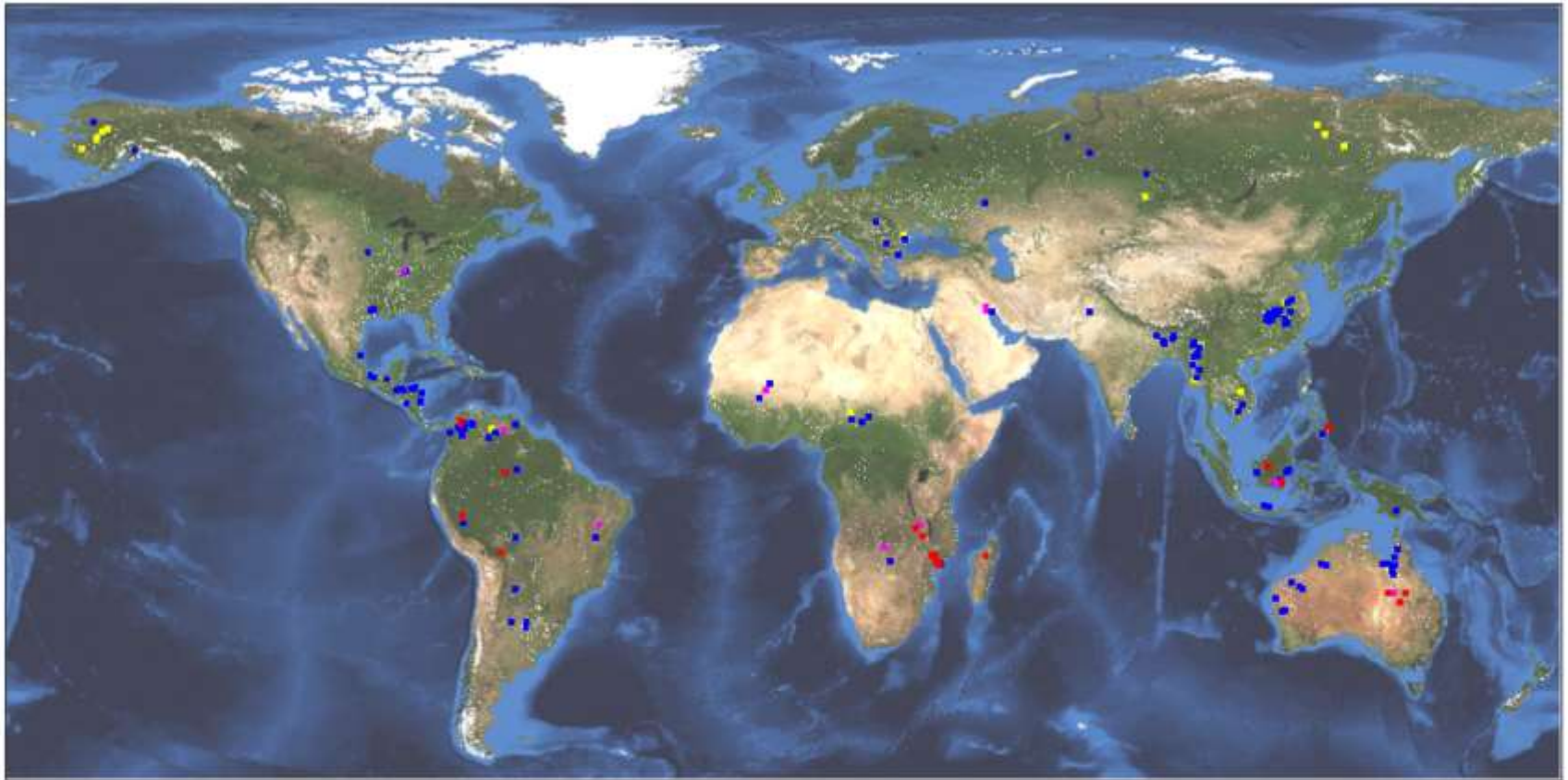
علل سیلخیزی شهری

• **عوامل هواشناسی:** باران، رگبارهای سیکلونیک، رگبارهای کوچک مقیاس، درجه حرارت، بارش برف و ذوب برف.

• **عوامل هیدرولوژیکی:** سطح رطوبت خاک، شرایط آب زیرزمینی، نفوذپذیری، پوشش نفوذناپذیر، شرایط کانال، اثرات جذر و مدی و نظایر آن.

• **عوامل انسانی:** کاربری اراضی یا تغییر پوشش اراضی، سیستمهای زهکشی نامناسب، تصرف نواحی دشت سیلابی، رهاسازی ناگهانی آب از سدها، تغییر اقلیم، میکرواقلیم شهری، دفع بی رویه زباله و نظایر آن.

Surface Water Watch



A reach-based prototype global river discharge monitoring system (“Surface Water Watch”) is online at <http://www.dartmouth.edu/~floods/>. It is being used to test the sensitivity and reliability of this method of river discharge measurement at 2500 river reaches (many not online yet). The reaches were chosen where previous remote sensing at optical wavelengths observed water area variations. “Current water conditions” uses a percentile approach applied to the AMSR-E period of record. Daily discharges exceeding the 95th percentile are classified as “major flood”, between 80-95th percentile as “flood”, and from the 5th to 80th percentile as “normal”. Where the remote sensing indicates unusually little surface water within the measurement pixel, or where other criteria indicate ice-covered river conditions, the “low flow or ice-covered” symbol is displayed.

مدیریت سیلاب (Flood Management)

مدیریت سیلاب شامل طیف وسیعی از فعالیتهای منابع آب در جهت کاهش اثرات بالقوه سیل بر روی مردم، محیط زیست و اقتصاد منطقه می باشد.

محدودیت اصلی روشهای مدیریت سیلاب این است که این روشها بیشتر به جنبه اقتصادی سیل توجه دارند و جنبه های اجتماعی و زیست محیطی را چندان مورد توجه قرار نداده اند.

تخفیف سیلاب (Flood mitigation)

- تخفیف سیلاب مدیریت و کنترل حرکت سیل نظیر هدایت مجدد رواناب سیل بجای تلاش برای جلوگیری کامل از سیلاب را شامل می گردد. تخفیف سیلاب عبارت است مدیریت مردم از طریق اقداماتی نظیر تخلیه و ضدسیل سازی حالت خشک یا حالت مرطوب ساختمانها و خانه ها . جلوگیری از سیل گرفتگی می تواند در تعدادی از سطوح شامل املاک شخصی، جوامع کوچک و کل شهرهای کوچک یا بزرگ مورد مطالعه قرار گیرد. هزینه های حفاظت افزایش پیدا می کند، همانطوری که جمعیت و املاک بیشتری محافظت می شوند.

Source: http://en.wikipedia.org/wiki/Flood_mitigation

تخفیف سیل (Flood mitigation)

تخفیف سیلاب (Flood mitigation) به عنوان هر گونه اقدام حمایتی اتخاذ شده برای کاهش یا از بین بردن خطرپذیری (ریسک) دراز مدت به جان و اموال مردم ناشی از سیل گرفتگی تعریف می شود. تخفیف سیلاب مرحله پیشگیری از چرخه مدیریت اضطراری را شامل می شود.



تخفیف سیل (Flood mitigation)

- تخفیف سیلاب به عنوان هر اقدام با هدف کاهش دادن خسارات جانی یا مالی ناشی از سیل گرفتگی آینده مرتبط با بلایای طبیعی تعریف می گردد. خسارات به هزینه های تعمیر یا جایگزینی املاک عمومی یا خصوصی و امدادرسانی تعریف می شود.
- تخفیف سیلاب به عنوان هر اقدام با هدف کاهش دادن خسارات جانی یا مالی ناشی از سیل گرفتگی آینده مرتبط با بلایای طبیعی تعریف می گردد. خسارات به هزینه های تعمیر یا جایگزینی املاک عمومی یا خصوصی و امدادرسانی تعریف می شود.

تخفیف سیل (Flood mitigation) & کنترل سیل (Flood control)

- در **تخفیف سیلاب (Flood mitigation)** کنترل و مدیریت و کارهای اصلاحی برای مازاد آبی که برای ما مشکل ایجاد می کند، صورت می گیرد، در صورتی که در کنترل سیلاب یا مهار سیلاب (Flood control) مدیریت و کارهای اصلاحی برای کل حجم سیلاب صورت می گیرد.
- سیل با دبی ۲۱۰۰ متر مکعب بر ثانیه برای ما خسارت ایجاد می کند، در صورتی که اگر ۱۰۰ متر مکعب بر ثانیه از دبی سیل کاسته شود (حذف شود) میزان خسارات به حداقل می رسد.

تخفیف سیل (Flood mitigation) & کنترل سیل (Flood control)

- اگر دیدگاه ما در آبخیزداری Flood control باشد، آبخیزداری هیچ کاری برای کنترل سیل نمی تواند انجام دهد
- در صورتی که اگر دیدگاه ما در آبخیزداری Flood mitigation باشد، به عبارت دیگر، تخفیف یا تعدیل سیل باشد، آبخیزداری کارهای بسیاری برای کنترل سیل انجام می دهد.

کنترل سیل (Flood Control)

- در مدیریت بحران، صحبت می شود که اگر یک سیل یا زلزله اتفاق بیفتد، چه زنجیره ای پشت سر آن صورت می گیرد. مثلاً با وقوع سیل، قطع لوله های گاز صورت می گیرد و به دنبال آن آتش سوزی صورت می گیرد. حوادث در مدیریت بحران به صورت زنجیره وار به دنبال یکدیگر اتفاق می افتند. بنابراین اگر در یک منطقه سیل را مطالعه می کنیم باید بقیه حوادث را به صورت سطحی مطالعه کنیم. به عنوان مثال، یکی از بلایایی که هنگام سیل، خسارت ایجاد می کند، رانش زمین است.

کنترل سیل (Flood Control)

- در هیدرولوژی سیل (Flood Hydrology) مباحث شکست سدها و مدیریت سدها مطرح است.
- شکست سدها یکی از بحث های مهم در سیل است. مثلاً در یک سیل دبی سیلاب ۲۳٪ افزایش یافته که علت آن شکست یک سد ۱۱ متری است که این موضوع در بحث هیدرولوژی سیل مهم است.
- موضوع مهم دیگر، مدیریت غلط سدها است که این هم در هیدرولوژی سیل مطرح است. سیلهایی که در اثر مدیریت غلط بوجود می آیند، سیلهای مصنوعی نام دارند.

کنترل سیل (Flood Control)

Dez Dam, formerly Pahlavi Dam, an arch dam across the Dez River in Iran, completed in 1963. The dam is 666 feet (203 m) high, 696 feet (212 m) wide at the crest, and has a volume of 647,000 cubic yards (495,000 cubic m). Until the late 1960s it was the largest Iranian development scheme.

<http://www.britannica.com/topic/Dez-Dam>

کنترل سیل (Flood Control)

وقوع تندسیلاب در غرب شهرستان ایلام (۲۹ اکتبر ۲۰۱۵)



کنترل سیل (Flood Control)

وقوع سیل در دزفول (۲۶ فروردین ۱۳۹۵)



کنترل سیل (Flood Control)

وقوع سیل در دزفول (۲۶ فروردین ۱۳۹۵)



کنترل سیل (Flood Control)

وقوع سیل در دزفول (۲۶ فروردین ۱۳۹۵)



کنترل سیل (Flood Control)

وقوع سیل در دزفول (۲۶ فروردین ۱۳۹۵)



کنترل سیل (Flood Control)

وقوع سیل در دزفول (۲۶ فروردین ۱۳۹۵)



خسارات سیل (Flood Damages)

- خسارات سیل از نظر بعد انسانی بیشتر در کشورهای د رحال توسعه و از نظر بعد اقتصادی بیشتر در کشورهای توسعه یافته اهمیت دارند. خانه ای که در بنگلادش در اثر سیل تخریب می شود شاید یک دلار هم ارزش نداشته باشد و شاید ۱۰۰ هزار خانه که در بنگلادش تخریب می گردد به اندازه یک ویلا که در آمریکا تخریب می شود، ارزش نداشته باشد. بنا بر این از نظر اقتصادی سیل خسارات زیادی در کشورهای توسعه یافته ایجاد می کند.

خسارات سیل (Flood Damages)

- خسارات ناشی از سیل شامل خسارات ملموس و خسارات ناملموس می گردد.

1. خسارات ملموس (Tangible) : خساراتی که امکان ارزیابی آنها به صورت پولی یا ریالی وجود داشته باشد. نظیر تخریب بناها که به راحتی ارزیابی می گردد.

2. خسارات ناملموس (Intangible): خساراتی که نمی توان آنها را به صورت پولی یا ریالی ارزیابی کرد. شامل اثرهای روانی و اجتماعی، مشکلات اقتصادی و مسایل فرهنگی جوامع در معرض سیلاب، زیان های زیست محیطی و بیماری های ناشی از وقوع سیل ، برآورد خسارات مربوط به اختلال در مشاغل، خطرات بهداشتی، ضربات روحی، تلفات جانی و سایر فاکتورهایی که مستقیماً قابل سنجش نیستند. به عنوان مثال، ممکن است خسارات ناشی از سیل مانند از دست دادن شغل کشاورز باشد که خسارات روحی-روانی به بار می آورد.

خسارات سیل (Flood Damages)

خسارات مستقیم: تمام خسارات ناشی از وقوع طغیان سیلاب یا مستقیماً از عملکرد سیلاب، است.

خسارات غیرمستقیم: زیان های ناشی از وقوع سیل که مستقیماً نمی باشد. مثل زیانهای ناشی از بروز اختلال در تولید کالاها و خدمات. تولیدات صنعتی و عدم امکان تولید،

Typology of flood damages with examples

		Measurement	
		Tangible	Intangible
Form of damage	Direct	Physical damage to assets: - buildings - contents - infrastructure	- Loss of life - health effects - Loss of ecological goods
	Indirect	- Loss of industrial production - Traffic disruption - emergency costs	- Inconvenience of post-flood recovery - Increased vulnerability of survivors

Adapted from: Penning-Rowsell et al. 2003; Smith & Ward 1998

خسارات سیل (Flood Damages)

- در مناطق سیل زده، بهداشت در معرض خطر می افتد و شیوع بیماریها و قحطی غذا و کمبود آب آشامیدنی را بوجود می آورد. خسارات ناملموس تا مدتها بعد حتی تا ۱۰ - ۲۰ سال وجود دارد. میتوان خسارات ناملموس را به خسارات ملموس تبدیل کرد. مثلا، اگر تلفات سیل یک نفر را در بر می گیرد، می توان آن را به ریال تبدیل نمود. یعنی هر نفر که کشته می شود یک دیه دارد. یا با از بین رفتن خاکهای کشاورزی و حاصلخیز می توان برآورد نمود که چند هکتار زمین از بین رفته و هر هکتار زمین چقدر تولید داشته است.

خسارات سیل (Flood Damages)

- بر اساس قیمت سال ۱۳۷۵، روزانه ۱۰۰ میلیون تومان خسارات ملموس در کشور داشته ایم و با در نظر گرفتن یک ضریب ۱ برای خسارات ناملموس، روزانه ۱۰۰ میلیون تومان خسارات ناملموس داشته و در مجموع ۲۰۰ میلیون تومان خسارات ناشی از سیل داشته ایم. اگر به عنوان مثال برای امسال ضریب خسارات ناملموس سیل محاسبه گردد معادل ۱.۵ بدست می آید که خسارات ناملموس ۱۵۰ میلیون تومان و در مجموع ۲۵۰ میلیون تومان خسارات سیل در کشور خواهیم داشت.

طبقات ارزیابی خسارت (Damage Assessment Categories)

- تحت تاثیر واقع شده (Affected)
- خسارت جزئی (Minor Damage)
- خسارت عمده (Major Damage)
- تخریب شده (Destroyed)

طبقات ارزیابی خسارت (Damage Assessment Categories)

تحت تاثیر واقع شده: مقداری خسارات وارد شده به ساختمانها و محتویات آنها، اما هنوز قابل سکونت (آب راکد در زیرزمین).



طبقات ارزیابی خسارت (Damage Assessment Categories)

خسارت جزئی: خسارات دیده و غیرقابل سکونت، اما در کوتاه مدت با مرمت ممکن است قابل سکونت گردد (مقدار قابل توجهی آب در زیرزمین، خسارت وارده به لوازم خانگی).



طبقات ارزیابی خسارت (Damage Assessment Categories)

خسارت عمده: خرابی (شکست) عناصر سازه ای خانه ها (نظیر دیوارها، طبقات و پی) یا خساراتی که مرمت آنها بیش از ۳۰ روز طول خواهد کشید (آب در سرتاسر طبقه اول).



طبقات ارزیابی خسارت (Damage Assessment Categories)

تخریب شده: خسارات کلی به ساختمانها، از نظر اقتصادی مرمت ساختمانها امکان پذیر نیست، یا خرابی کامل اجزای بزرگ ساختمانی (نظیر فرو ریختن دیوارها یا پی زیرزمین، دیوارها یا سقف).



خسارات سیل (Flood Damages)

- وقتی با یک رویداد سیلاب مواجه هستیم، با ناهماهنگی و غیرعادی بودن و تغییرات دبی متفاوت با حالت نرمال روبرو هستیم. با یک حالت سیل کثیف (Dirty flood) مواجه هستیم که در این حالت سیل رسوب زیادی به همراه دارد و موجب پر شدن مخازن سدها می گردد.
- پر شدن مخازن سدها، فرسایش خاک و وجود سنگهای آهکی بزرگ در سیل، گل آلودگی و قدرت تخریبی سیل را به شدت افزایش می دهند.
- هر اقدامی که برای تثبیت رسوب می توان انجام داد برای سیل مفید است و یکی از راههای کنترل خسارات سیل است.

محاسبه خسارت سالیانه سیلاب مورد انتظار (Expected Annual Flood Damage)

1. روابط اساسی موجود برای محاسبه خسارت سالیانه مورد انتظار:

« توزیع تجاوز جریان (Flow exceedance distribution)

« منحنی دبی-اشل (Stage-discharge curve)

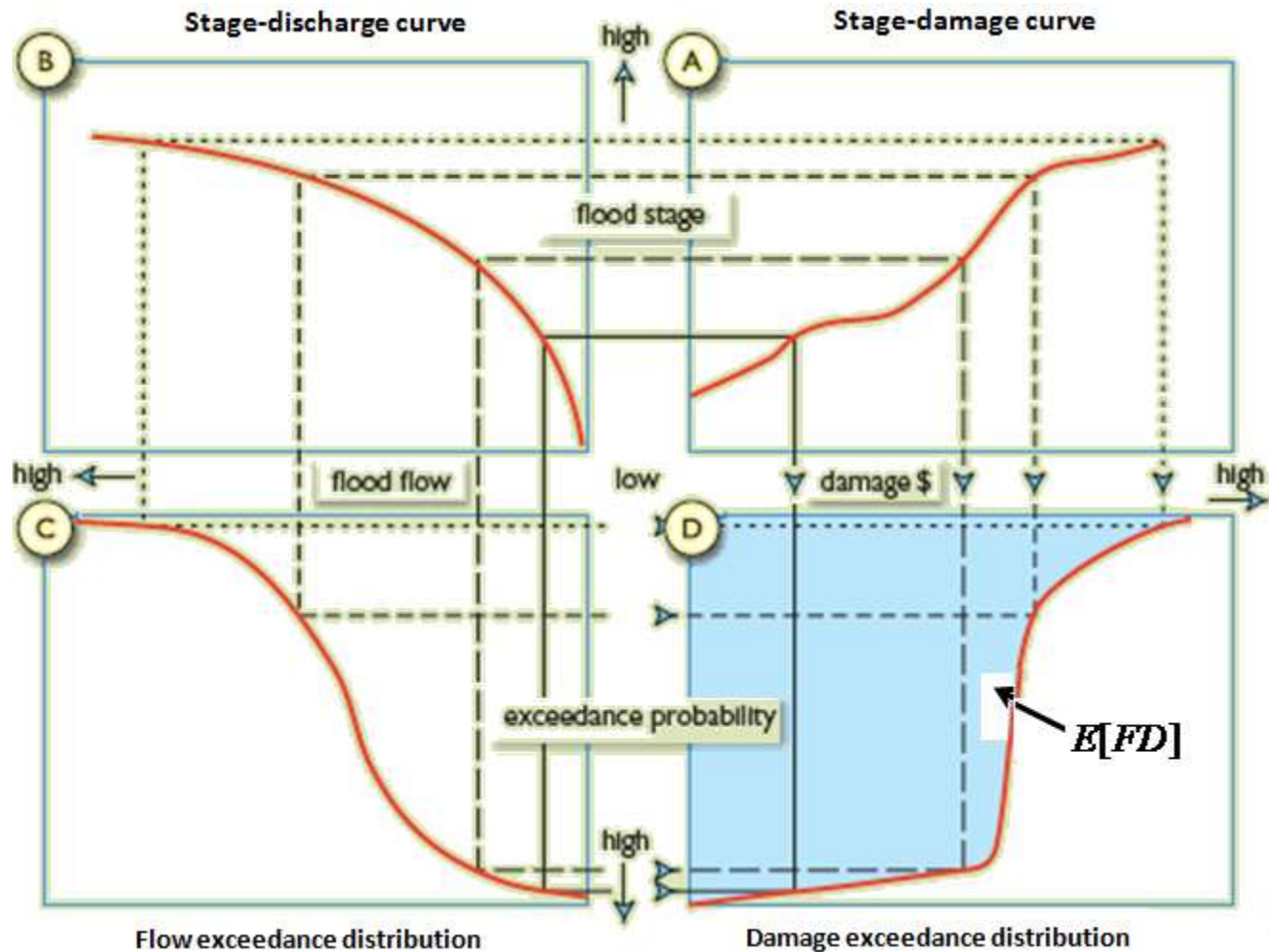
« منحنی اشل-خسارت (Stage-damage curve)

« توزیع تجاوز خسارت (Damage exceedance distribution)

2. محاسبه سطح زیر منحنی توزیع خسارت- تجاوز (خسارت سیلاب سالیانه مورد انتظار)

برای هر مکان و حاصل جمع آنها برای برآورد کل خسارت سیلاب سالیانه مورد انتظار.

محاسبه خسارت سالیانه سیلاب مورد انتظار (Expected Annual Flood Damage)

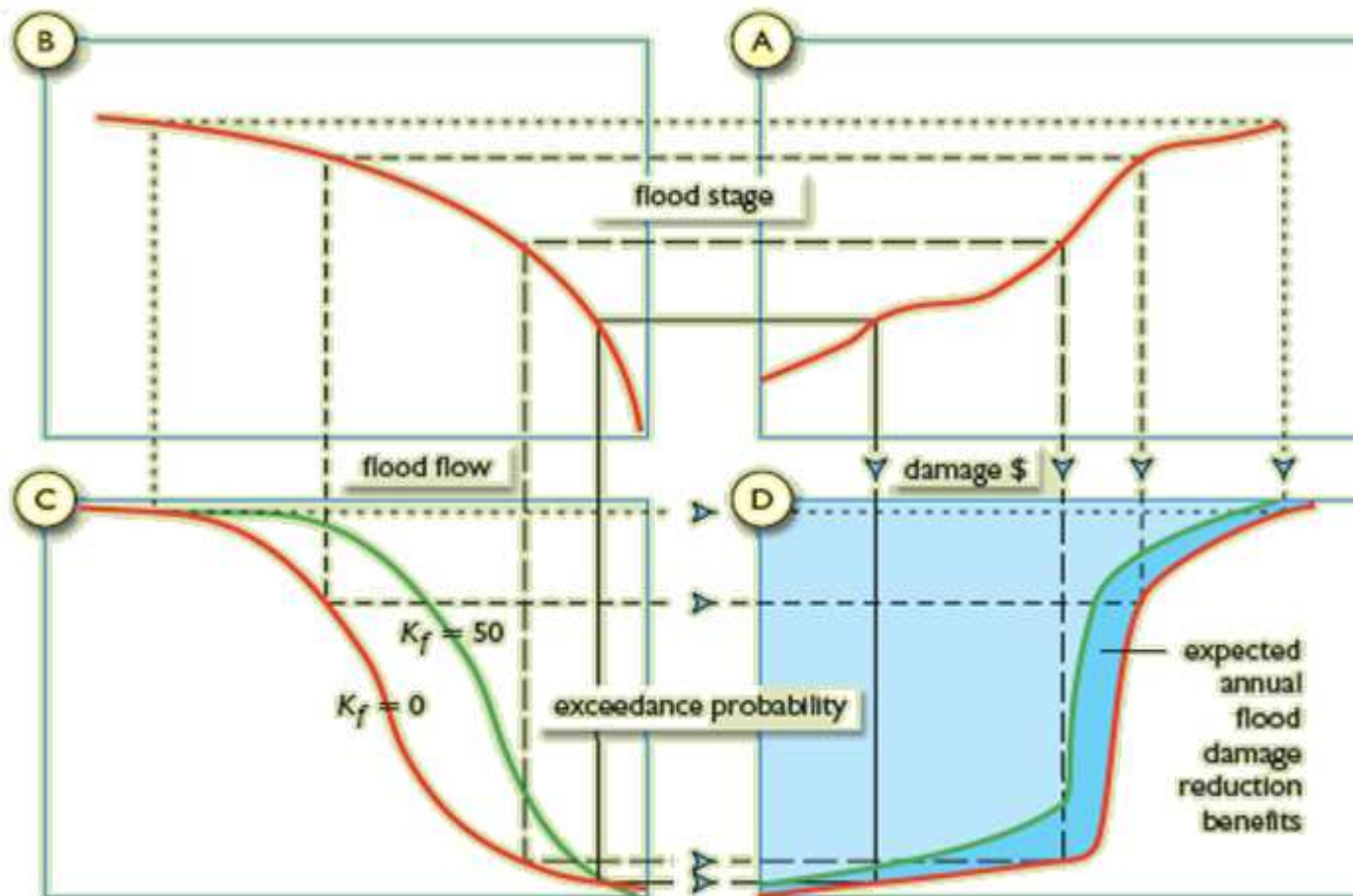


خسارت سیلاب سالیانه مورد انتظار (Expected Annual Flood Damage)

$$E[FD] = \int_0^{\infty} p(FD) dFD$$

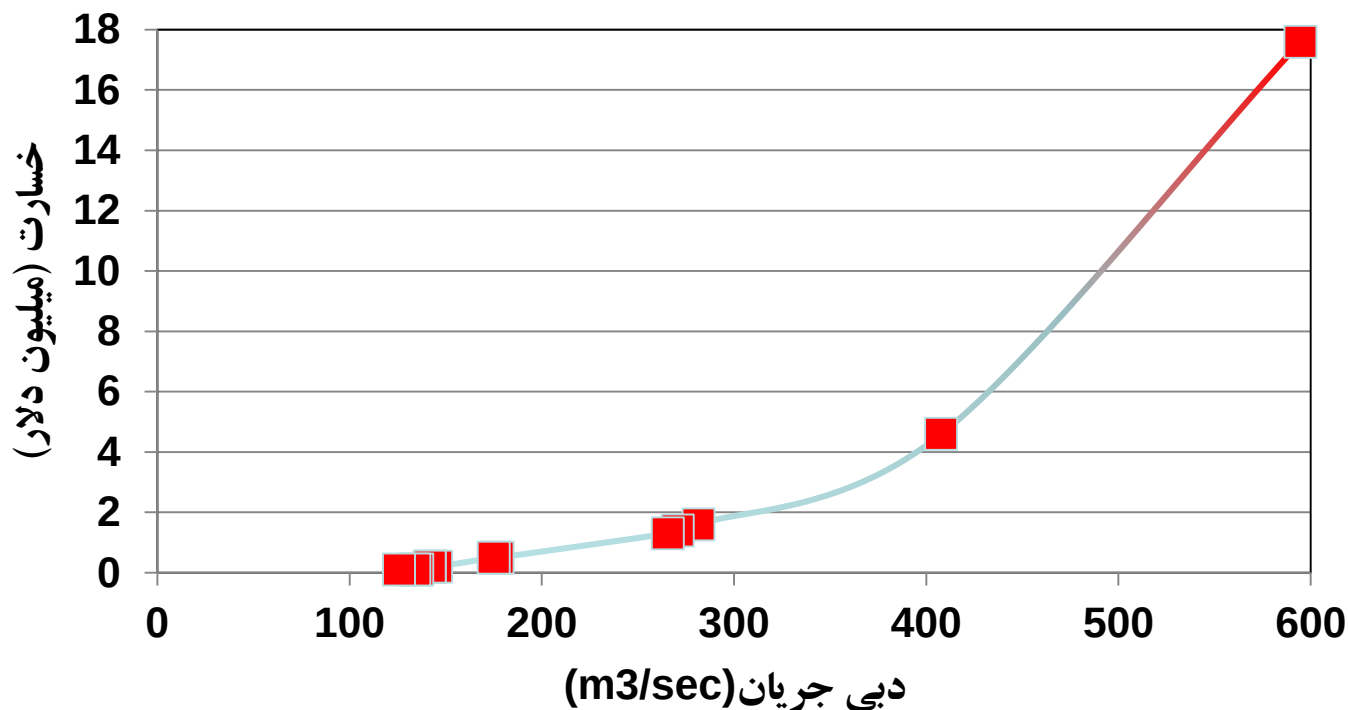
محاسبه خسارت سالیانه سیلاب مورد انتظار (Expected Annual Flood Damage)

اختلاف بین خسارت سالیانه سیلاب مورد انتظار بدون اجرای طرح کنترل سیلاب و با اجرای طرح کنترل سیلاب



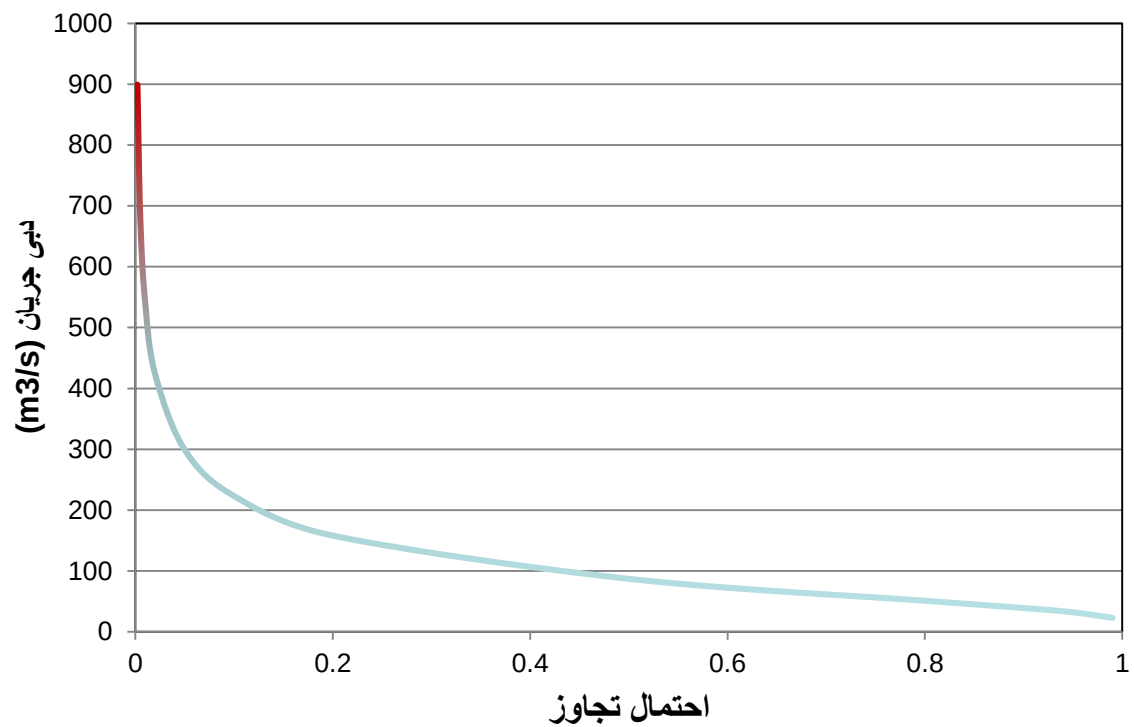
نمونه مثال

- در یک حوزه آبخیز شهری، سیلابها موجب خسارات قابل توجهی شده اند. توسعه روز افزون در بخش بالادست حوزه آبخیز سبب تشدید سیلاب شده است، همانطوری که شهرسازی حجم و پیک جریان را افزایش می دهد.



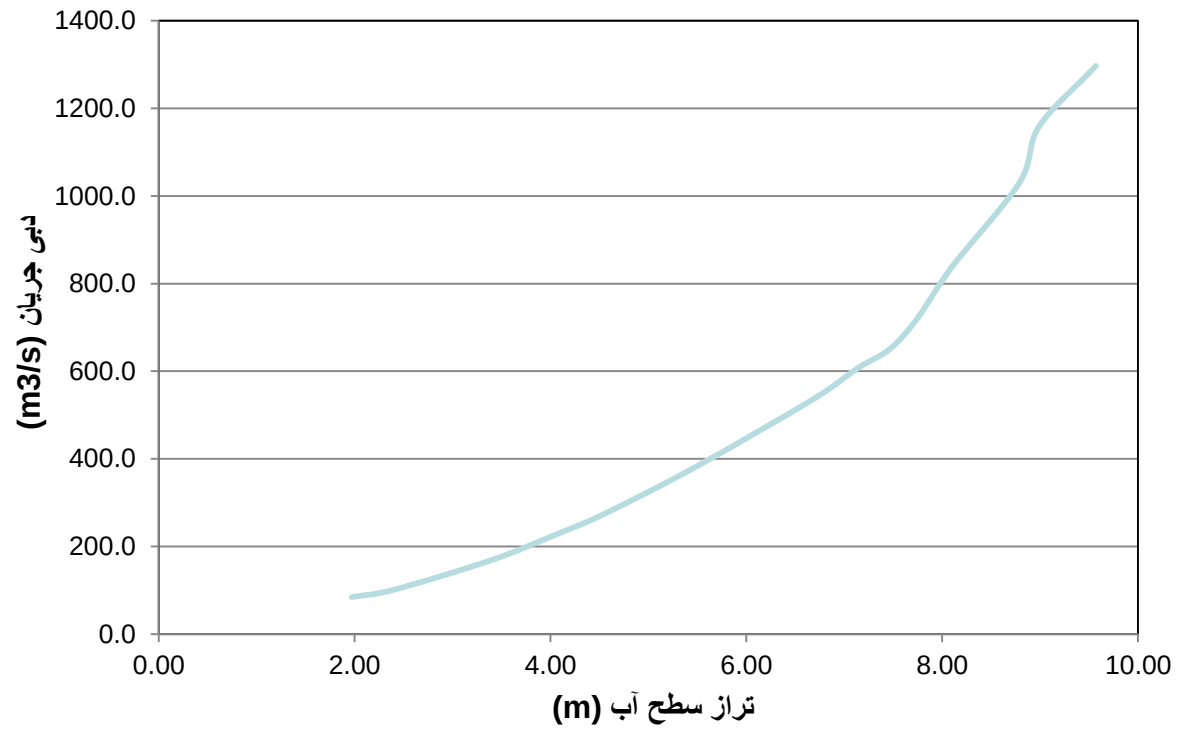
تابع دبی جریان-احتمال

احتمال تجاوز	دبی جریان (m ³ /s)
0.002	899
0.005	676
0.01	539
0.02	423
0.05	299
0.1	223
0.2	158
0.5	87
0.8	51
0.9	39
0.95	32
0.99	22.9



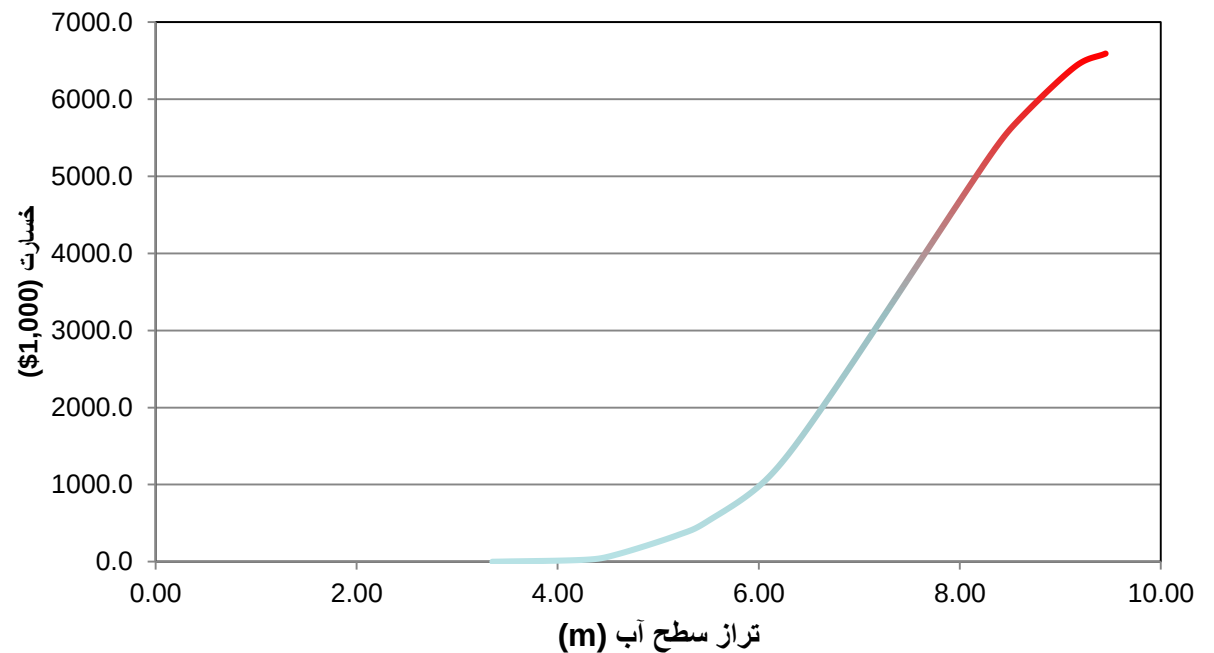
تابع تراز سطح آب - دبی جریان

تراز سطح آب - دبی جریان	
تراز سطح آب (m)	دبی جریان (m ³ /s)
1.97	84.4
2.39	100.4
3.39	168.2
4.07	228.4
4.58	277.5
5.50	383.7
6.70	538.5
7.13	605.8
7.47	651.5
7.75	721.7
8.10	838.2
8.79	1030.8
8.99	1159.1
9.57	1297.1



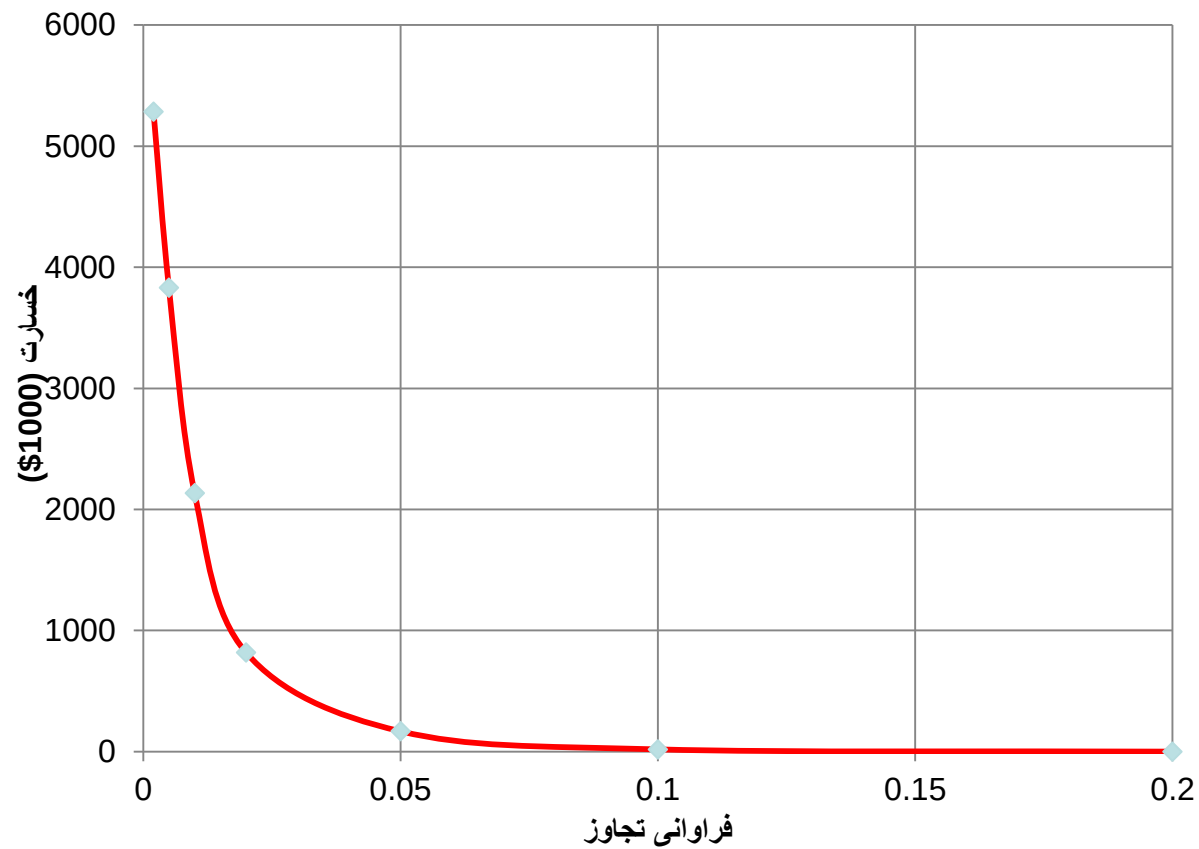
تابع تراز سطح آب - خسارت

تراز سطح آب - خسارت	
تراز سطح آب (m)	خسارت (\$1,000)
3.35	0.0
4.27	25.7
4.57	88.6
5.18	339.3
5.49	525.1
6.10	1100.0
6.71	2150.6
8.23	5132.8
8.53	5654.2
9.14	6416.5
9.45	6592.2



خسارت سیل - فراوانی تجاوز

احتمال تجاوز	خسارت (\$1,000)
0.002	5286
0.005	3830
0.01	2133
0.02	817
0.05	168
0.1	18.2
0.2	0



خسارت سالیانه سیلاب مورد انتظار (Expected Annual Flood Damage)

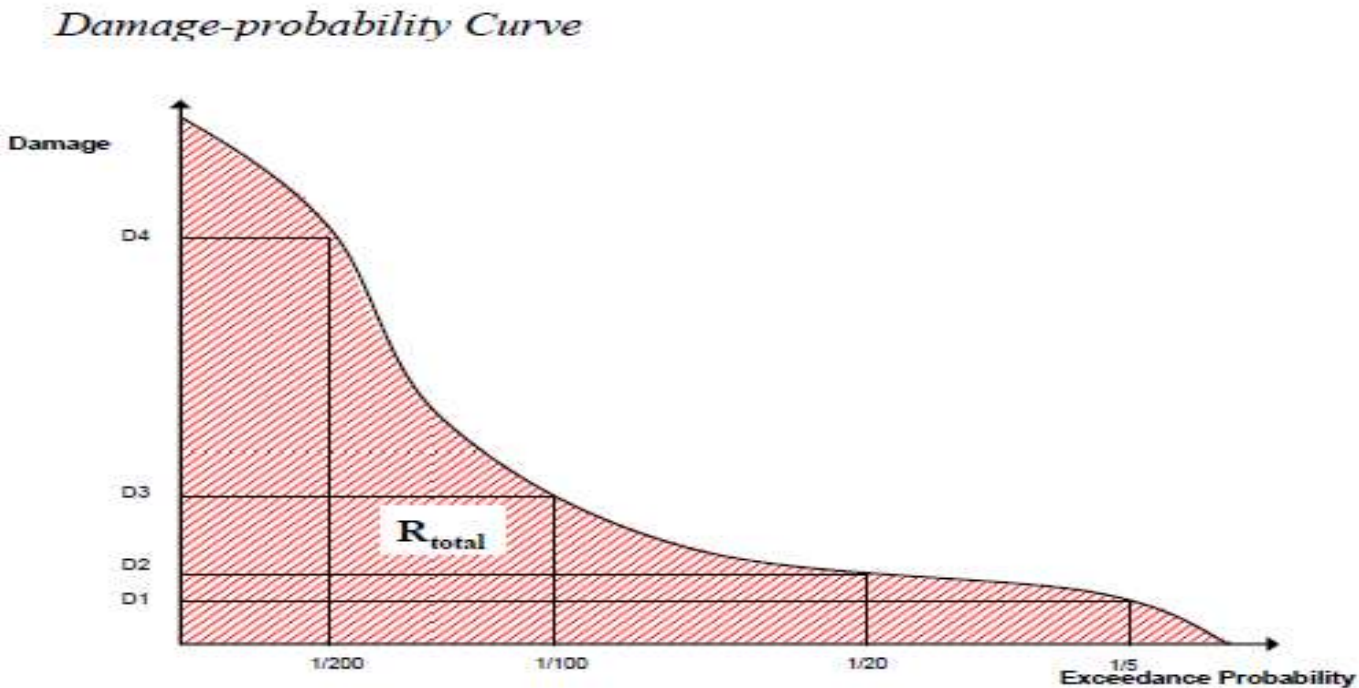
					Integrating	
احتمال تجاوز	دبی جریان (m3/s)	تراز سطح آب (m)	خسارت (\$1,000)	جزء احتمال	میانگین خسارت برای جزء	خسارت وزنی
				0.002	5286	10,572
0.002	898.8	8.32	5286			
				0.003	4557.9	13,673.8
0.005	676.1	7.57	3830			
				0.005	2981.7	14,908.5
0.01	538.5	6.70	2133			
				0.01	1475.4	14,753.5
0.02	423.0	5.80	817			
				0.03	492.5	14,773.5
0.05	298.8	4.76	168			
				0.05	92.9	4,645.0
0.1	222.5	4.00	18.2			
				0.10	9.1	910.0
0.2	158.4	3.24	0			
					EAD	74,236

قاعده ذوزنقه

$$E(D) = p_0 D_0 + \sum_{j=1}^n (p_j - p_{j-1}) \frac{(D_j + D_{j-1})}{2}$$



منحنی خسارت-احتمال (Damage-Probability Curve)



منحنی خسارت-احتمال شامل اطلاعات مهم مرتبط با ریسک برای تصمیم گیری در زمینه سیاست مدیریت ریسک سیل می باشد. به عنوان مثال: مطابق شکل بالا، خسارات مورد انتظار ناشی از یک سیلاب با فراوانی وقوع یک بار در ۱۰۰ سال معادل با خسارات D3 می باشد. سطح کل زیر منحنی نشان دهنده کل متوسط خسارات متحمل سیل در سال برای انواع سیلابها می باشد.

ارزیابی ریسک (RISK ASSESSMENT)

- **ارزیابی ریسک:** عبارت است از تعیین مقدار کمی یا کیفی ریسک (خطرپذیری) مرتبط با یک وضعیت عینی و یک تهدید شناسایی شده (خطر).
- ارزیابی کمی ریسک نیاز به محاسبات دو مولفه ریسک (R): بزرگی خسارت پتانسیل (L) و احتمال وقوع خسارت (p) دارد.
- **ریسک قابل پذیرش (Acceptable risk):** عبارت است از ریسکی که معمولاً درک شده و تحمل می گردد، بواسطه اینکه هزینه یا دشواری انجام اقدام متقابل موثر برای آسیب پذیری مرتبط از خسارت مورد انتظار تجاوز می نماید.

http://en.wikipedia.org/wiki/Risk_assessment

ارزیابی ریسک (RISK ASSESSMENT)

- چه موقع، کجا، چرا سیل گرفتگی رخ می دهد؟
- تراز سیل رودخانه چقدر است؟
- چه در معرض خطر (ریسک) است؟
- آسیب پذیری ها؟
- خسارات مورد انتظار (محتمل)؟
- اثرات اقتصادی-اجتماعی مورد انتظار؟

علل ریسک

فقدان عملکرد سازه ها در دشت سیلابی

آب گرفتگی

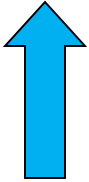
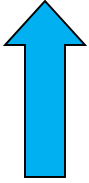
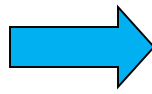
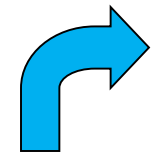
فعل و انفعال با مواد پر خطر

خسارات سیلاب به سازه ها و محتویات

بیماریهای ناشی از آب (مسائل بهداشتی)

فرسایش و جریانهای گلی

آلودگی آبهای زیرزمینی



سیلابها

سوابق موردی

• کاهش ریسک سیلاب مهمترین نوع تعدیل تعرض (دست اندازی) در یک حوزه آبخیز می باشد. جنگلها تا اراضی پست و مرطوب و آبخوانهای واقع در سرآب حوزه، تنظیم و ذخیره آب بحرانی را به منظور کاهش دادن سیلابها برای ساکنان شهری و روستایی پائین دست فراهم می کنند.

• سیلها در اثر مقدار، موقعیت، نوع و تداوم بارندگی و همچنین در اثر عواملی نظیر جذر و مدها، عوارض زمین، پوشش گیاهی، نوع خاک، ویژگیهای سیلابدشت، شکل و تنگ شدگی آبراهه، درجه حرارت و هیدرولوژی حوزه تولید می شوند.

• سنگفرش کردن خیابان ها و پیاده روها موجب تولید رواناب بیشتر در سطح حوزه های شهری و روستایی می گردد.

تغییرات زمانی ریسک سیلاب

• تغییرات اقلیمی:

- ❖ ثبت ها و سوابق طولانی مدت بارشهای تاریخی
- ❖ تغییرات در شدت، تداوم و فراوانی بارندگی

• پیشرفت های فناوری:

- ❖ داده های با کیفیت بهتر
- ❖ مدل های رایانه ای پیشرفته
- ❖ فرآورده های نقشه ای بهبود یافته

• تغییرات طبیعی و انسانی زمین:

- ❖ تغییرات زمین ریختی طبیعی رودخانه
- ❖ توسعه در داخل حوزه آبخیز

- **A common misconception: A “100-year” flood is the largest flood to occur once in a 100 year period of time.**

In reality: A “100-year” flood is a flood that has a 1 in 100, or a 1% chance of occurring in any year.

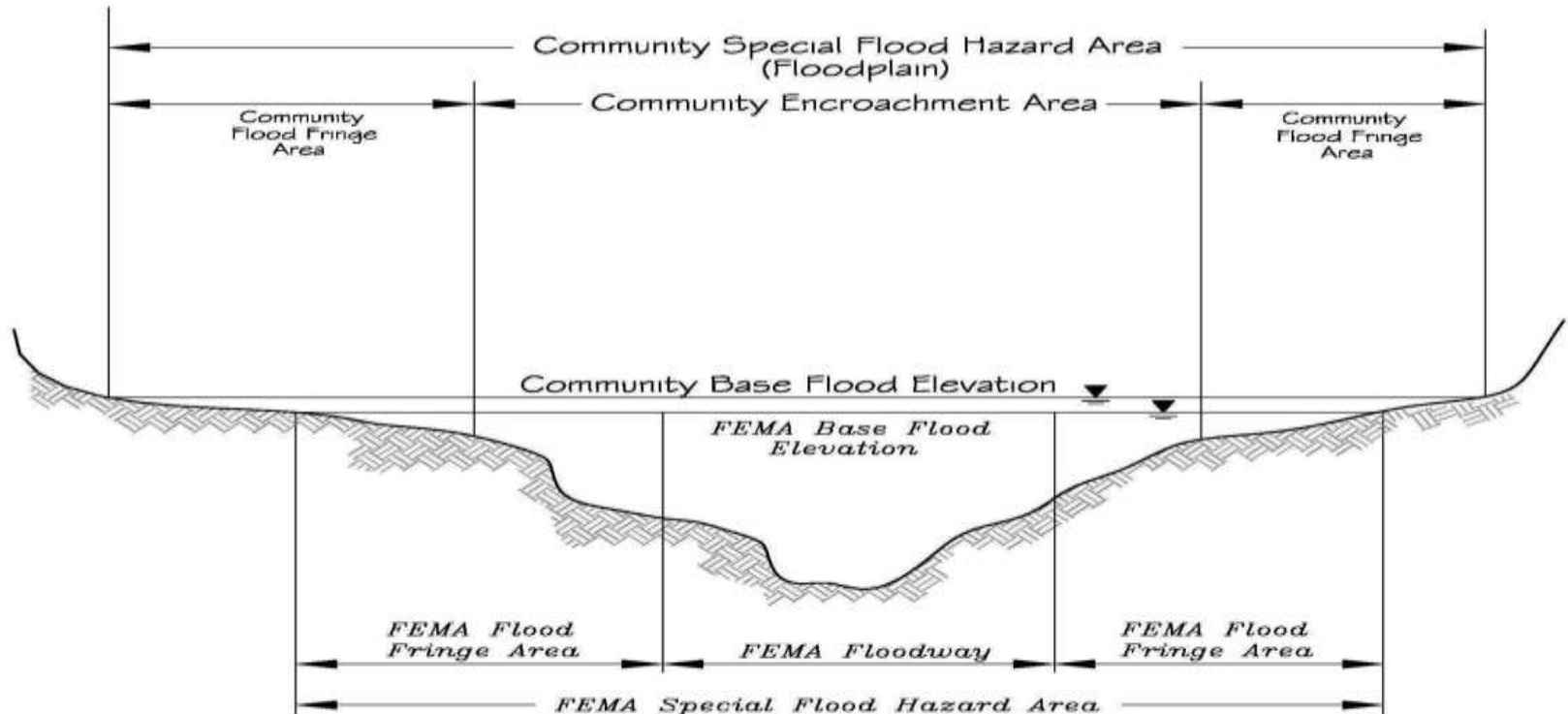
In fact, it is possible to have two “100-year” floods in the same year.

Floodzone: The land area covered by water from a flood having a specific likelihood of occurring in any year, commonly referred to as a certain “year” flood event.

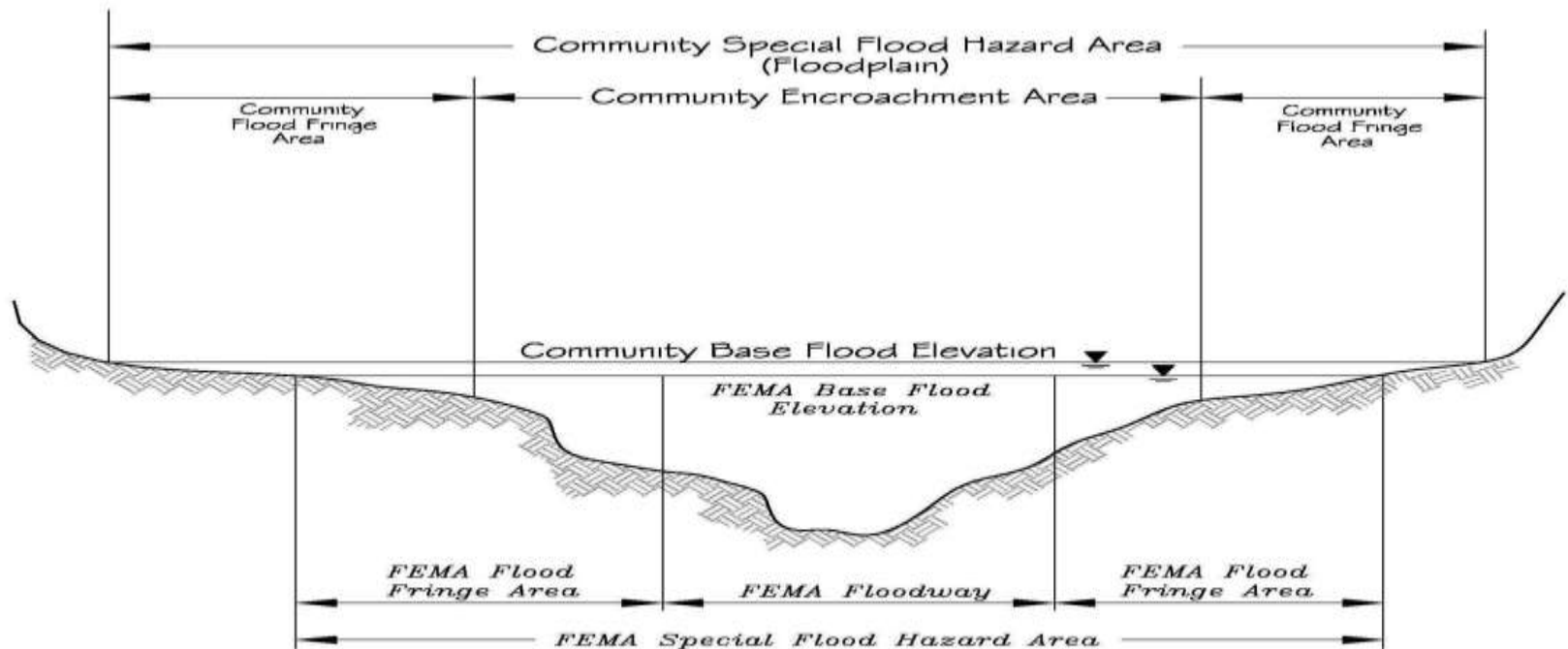
Annual Chance of Occurring in Any Year	Recurrence Interval in Years	Probability of Occurring in Any Year
0.2%	500	1 in 500
1%	100	1 in 100
2%	50	1 in 50
4%	25	1 in 25
10%	10	1 in 10
20%	5	1 in 5
50%	2	1 in 2

Federal Emergency Management Agency (FEMA)

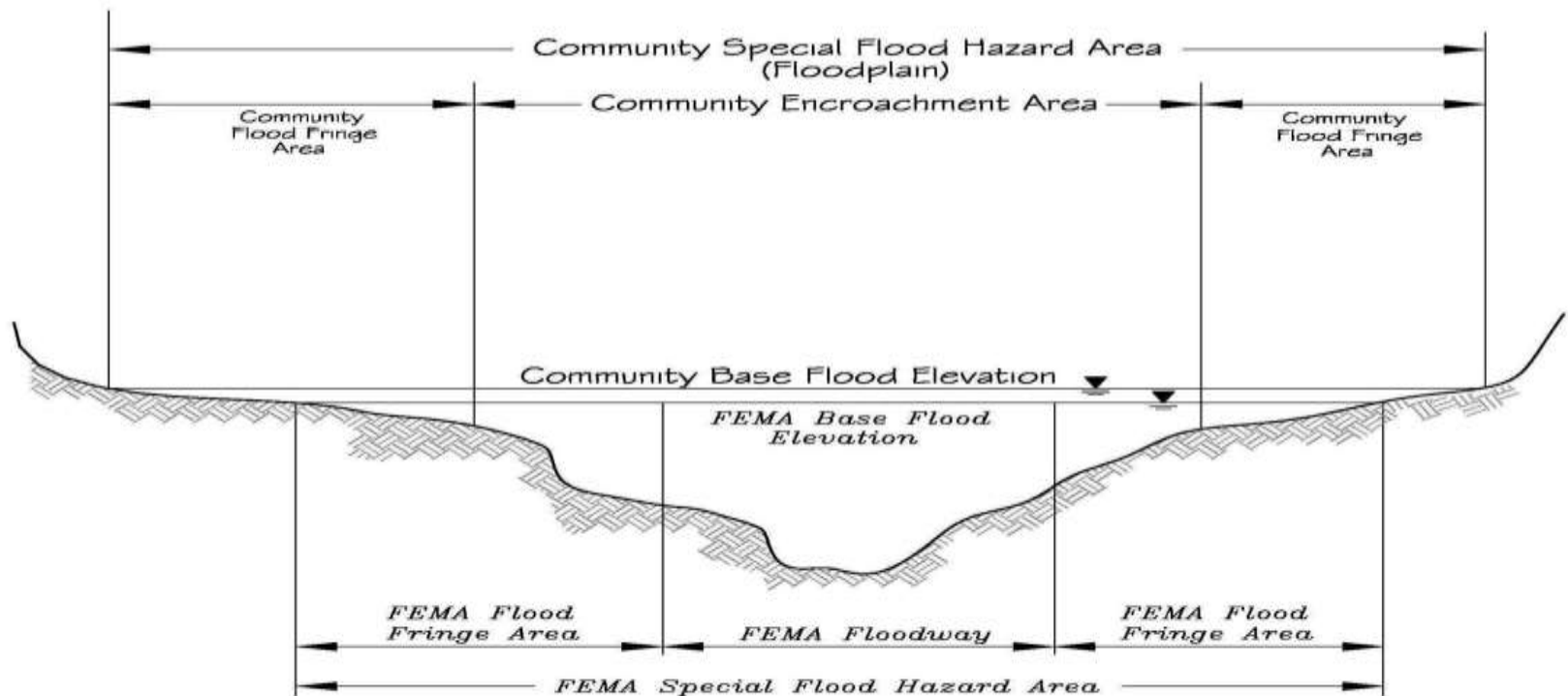
- **Floodways:** Areas of the floodplain, closer to the stream centerline, that are must be kept free of development or other obstructions in order to convey the free flow of water. This term includes the **FEMA Floodway** and the **Community Encroachment Area**.



- **Community Encroachment Area:** the channel of a stream and the adjacent land area that must be reserved in order to discharge the FEMA Base Flood discharge without cumulatively increasing the water surface elevation more than 0.1 foot. Development in this area requires approval of an engineering flood study prior to issuance of a Floodplain Development Permit. The Community Encroachment Area is wider the FEMA Floodway.



- **FEMA Floodway:** the channel of a stream and the adjacent land area that must be reserved in order to discharge the FEMA Base Flood discharge, without cumulatively increasing the water surface elevation more than 0.5 foot. Development in this area requires approval of an engineering flood study prior to issuance of a Floodplain Development Permit.



ظهور فناوری ها برای کاهش ریسک سیلاب

- پیش بینی بلادرنگ وضع هوا و سیستمهای هشدار
- فناوری های اندازه گیری (مانند: ایستگاههای آب سنجی رودخانه)
- مدلسازی ریسک (مانند بیمه سیلاب)
- بانکهای داده
- نقشه ها : سیلابهای ۱۰۰ ساله و ۵۰۰ ساله
- سناریوهای فاجعه سیلاب
- هواپیماهای بدون سرنشین
- مدیریت خطر

نمونه سیلاب تاریخی

- شهر **BRISBANE** استرالیا بعد از وقوع سیلابهایی که در سال ۱۹۷۴ مرکز شهر را تخریب کردند توسط یک سد بزرگ در بالادست حفاظت می شود . اما وقتی مخزن سد پر شد، مسئولین چاره ای جز رهاسازی آب نداشتند که منجر به سیل گرفتگی قبل از وقوع سیل گردید.

آمادگی برای مقابله با سیل گرفتگی شهر BRISBANE استرالیا (۸ ژانویه ۲۰۱۱)



سیل گرفتگی رودخانه زرد، داکوتای شمالی (بالا آمدن آب رودخانه)



اقدامات کاهش خسارات سیل

➤ اقداماتی که از طریق کاهش دادن حساسیت پذیری خسارت آینده، میزان خسارات ناشی از سیلاب را کاهش می دهد.

مانند: کاربری اراضی و مقررات ساخت و ساز

➤ اقداماتی که از طریق کاهش دادن حساسیت پذیری خسارت موجود، میزان خسارات ناشی از سیلاب را کاهش می دهد.

مانند: خاکریز یا سیل بند، ضد سیل سازی، تغییر مکان، هشدار سیل و برنامه ریزی آمادگی

➤ اقداماتی که از طریق کاهش دادن تراز سطح آب، میزان خسارات ناشی از سیلاب را کاهش می دهد.

مانند: اصلاح کانال

➤ اقداماتی که از طریق کاهش دادن دبی جریان، میزان خسارات ناشی از سیلاب را کاهش می دهد.

مانند: مخزن، کانال انحرافی، آبخیزداری

اثرات اقدامات مدیریت سیلاب

	رابطه تحت تاثیر				
	Stage - Discharge	Stage - Damage	Discharge - Damage	Discharge - Frequency	Damage - Frequency
Reservoir				✓	✓
Levee	✓	✓	✓	✓	✓
Channel mod.	✓		✓	✓	✓
Diversion				✓	✓
Flood Forecasting				✓	✓
Flood Proofing		✓	✓		✓
Relocation		✓	✓		✓
Flood warning		✓	✓		✓
Land use control		✓	✓	✓	✓

کنترل سیل (Flood Control)

- در بحث سیل، مسائل مختلفی وجود دارد که می تواند باعث تشدید سیل (دبی سیل) گردد. مانند وجود یک رانش زمین که می تواند برای مدت کوتاهی جلوی آب را ببندد و سپس با شکسته شدن آن، سیل دیگری رخ می دهد و یا کور شدن (بسته شدن) دهانه پلها و وارد شدن آب به درون شهرها مثل سیل دماوند در سال ۱۳۶۶ که در بیرون شهر دبی ۲-۳ متر مکعب بر ثانیه و در درون شهر دبی به ۳۰ متر مکعب بر ثانیه می رسید.

کنترل سیل (Flood Control)

- علاوه بر در نظر گرفتن مرفولوژی رودخانه باید مرفولوژی تاسیسات هم در نظر گرفت (مهندسی سازه ها). در هنگام وقوع سیل، بستر رودخانه بازی می کند، بطوری که کف رودخانه در هنگام سیل چندین متر کنده شده و پائین می رود و مقطع رودخانه بزرگتر می شود. برای جلوگیری از کنده شدن کف رودخانه، در بستر رودخانه کف بند ایجاد می کنند و کف رودخانه را سنگ چین می کنند که در این صورت از ظرفیت طبیعی رودخانه در هنگام سیل جلوگیری می شود و سیل وارد شهر و محیط اطراف می شود.
- اما در روسیه اجازه می دادند که بازی بستر رودخانه صورت گیرد و در هنگام سیل رودخانه بستر خود را تا ۱۰ متر حفر می کند، در صورتی که روسها پایه های پل را تا عمق ۲۰ متری قرار می دادند. پلها باید در جاهایی ساخته شود که بستر بازی نداشته باشد و رعایت بازی بستر صورت گرفته و از کف رودخانه استفاده نشده باشد.

کنترل سیل (Flood Control)

- در کشورمان، در حاشیه رودخانه ها صنوبر کاشته می شود که ارتفاع این درخت ۲۰ متر است و در هنگام وقوع سیل یک دفعه شکسته می شود و دهانه پلها را کور می کند. بنابر این یک روش مدیریتی این است که حاشیه رودخانه به فاصله ۱۰۰ متر صنوبر کاشته شود و یا دهانه پلها طوری ساخته شود که به راحتی کور نشود، یعنی فاصله بین پایه های پلها زیاد باشد بطوری که درختان میوه ۲ تا ۳ متری به راحتی از دهانه پلها عبور کرده و دهانه پلها را کور نکند.

کنترل سیل (Flood Control)

- جاهایی که دو رودخانه به همدیگر متصل می شود و در نقاط تلاقی آنها بیشترین سیل رخ می دهد. به عنوان مثال، در شهر دماوند دو رودخانه به همدیگر متصل می شوند. زمان تمرکز هر دو رودخانه یکی است و با هم به محل تقاطع می رسند.
- در پیچهای تند رودخانه رسوب جمع می شود. بنابر این در هنگام طراحی پلها و سدها باید از پیچهای تند رودخانه در سیلاب اجتناب کرد. در شیبهای تند محلهای عبور سیلاب، رسوبات تجمع می یابند.

کنترل سیل (Flood Control)

- در اولین رویداد سیلاب، سیل از کنار رسوبات عبور می کند ولی اگر سیل دیگری رخ دهد بر اثر تجمع رسوبات محل عبور سیل تغییر می کند.
- موضوع مهم دیگر، موضوع رهاسازی بستر است. مهاجرین کانادا در ابتدا تجربه نداشتند و در مناطق سیلگیر خانه سازی صورت می کردند، امروزه مناطق نا امن را به سمت مناطق امن جابجا می کنند و خانه های رها شده را صاف می کنند که به این حالت رهاسازی بستر می گویند.

اقدامات تخفیف سیل (Flood MITIGATION MEASURES)

• این اقدامات به سه طبقه اصلی تقسیم می شوند:

1. کنترل بر روی رودخانه

2. کنترل بر روی زمین

3. سایر اقدامات

اقدامات تخفیف سیل (Flood MITIGATION MEASURES)

1. **کنترل بر روی رودخانه** : این اقدامات عمدتاً برای کنترل رودخانه متکی بر اصلاح (تغییر) فیزیکی رودخانه، دشت سیلابی و یا حوزه آبخیز است و شامل:
 - سدها و مخازن احداث شده بر روی آبراهه های اصلی و یا سرشاخه ها که آب مازاد را ذخیره نموده و بعد از پایان تهدید سیل به تدریج رها می کنند.
 - خاکریزها یا دیوارهای سیل بند، آب سیل را در یک مسیر محصور نموده و در نتیجه موجب کاهش خسارات سیل می شوند.
 - بهسازی کانال از طریق: مستقیم سازی برای برداشتن راههای خمیده (پیچ و خم دار) نامطلوب، عمیق سازی و عریض سازی برای افزایش اندازه آبراهه ها، پاکسازی برای برداشتن بوته ها، درختان و سایر موانع، روکش دار کردن بوسیله بتون برای افزایش راندمان.

اقدامات تخفیف سیل (Flood MITIGATION MEASURES)

1. کنترل بر روی رودخانه :

- درمان حوزه آبخیز (آبخیزداری) که موجب می شود خاک جاذب بیشتر بارش مازاد شده تا ارتفاع سیلاب فروکش نماید. این اقدامات شامل:
 - تناوب گیاهان زراعی
 - احداث تراس یا سکو
 - کشت نواری بر روی خطوط تراز
 - کشت انتخابی و احیای جنگل

اقدامات تخفیف سیل (Flood MITIGATION MEASURES)

2. **کنترل بر روی زمین:** این اقدامات سیاستهای کاربری اراضی زیر را در بر می گیرند:
 - مسیله‌ها و خطوط تجاوز تخصیص یافته مرزهای جانبی مسیل هستند که هیچ ساخت و ساز یا احیای اراضی نبایستی اجازه داده شود.
 - پهنه بندی یک ابزار قانونی مورد استفاده توسط دولت‌ها برای کنترل نمودن توسعه می باشد.
 - مقررات تقسیم بندی روشی را مشخص می کند که در آن زمین ممکن است تقسیم شود. محدوده های مسیل یا خطوط دست اندازی از احیای کانالها و مسیله‌ها که جریان را محدود می نماید، جلوگیری می کند و ضروری است که هر قطعه زمین دارای یک عرصه ساخت با یک ارتفاع بالاتر از تراز سیلاب گردد.
 - مقررات ساخت (Building codes) استانداردهایی برای احداث ساختمانها و سازه های دیگر هستند و اگر اجبارا اجرا شوند، می تواند خسارات به ساختمانها را در مناطق مستعد سیل کاهش دهد.

اقدامات تخفیف سیل (Flood MITIGATION MEASURES)

کنترل بر روی زمین: بعضی از نیازمندیها عبارتند از:

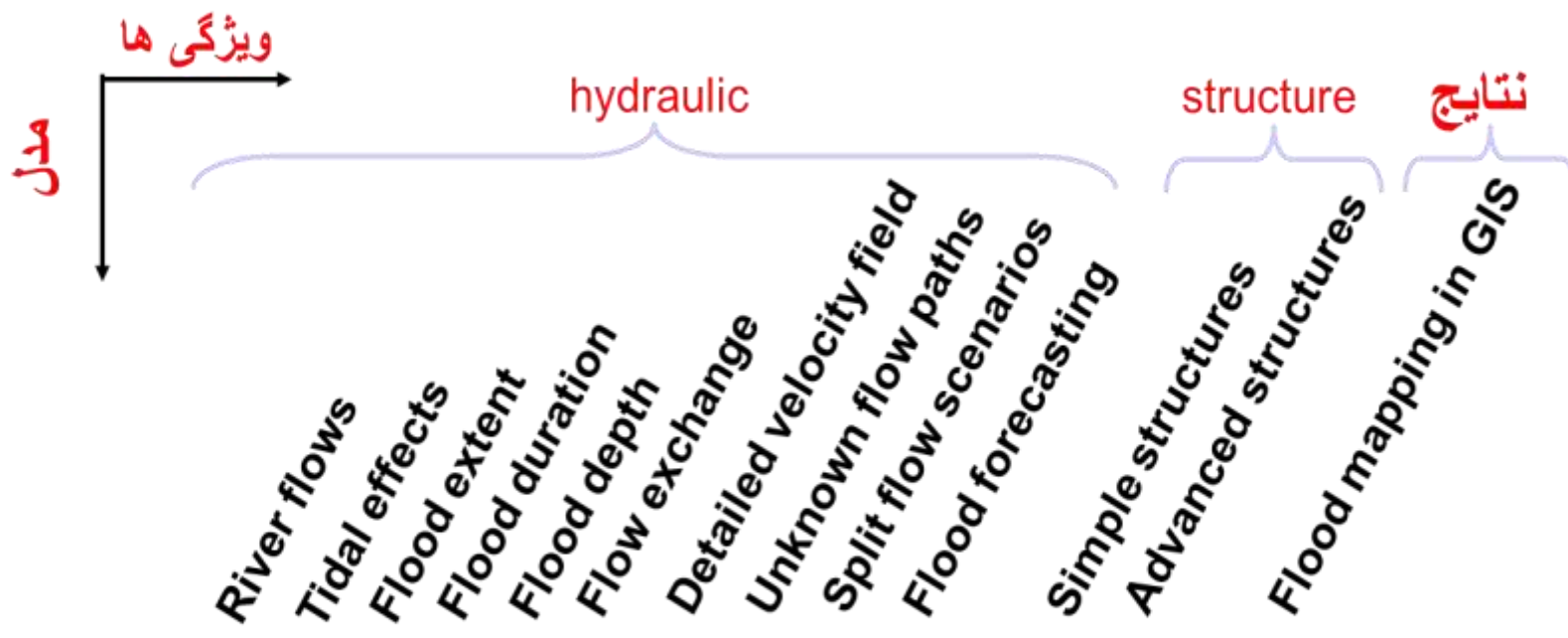
- ✓ احداث ارتفاعات زیرزمین و طبقه اول سازگار با ترازهای سیلابی پتانسیل.
- ✓ مقاومت سازه ای برای تحمل کردن فشار آب یا سرعت بالای آب در حال جریان.
- ✓ ممانعت از تجهیزات که ممکن است پر خطر برای جان مردم در موقع سیل گرفتگی باشند.
- ✓ جلوگیری از شناوری ساختمانها بوسیله تکیه گاه (لنگر گاه) مناسب مورد نیاز.

Flood MITIGATION MEASURES

3. سایر اقدامات: شامل ضد سیل کردن، سیستمهای پیش بینی، هشدار سیلاب و تخلیه

- **Flood Proofing** is a combination of structural changes and adjustment to properties which can be used in new or existing construction. Action include. seepage control, protective coverings, elevation or raising anchorage and under pinning.
- **Flood Forecasting** is reliable accurate and timely forecasting of floods coupled with timely evacuation to save lives and reduce property losses.
- **Temporary Evacuation** removes persons and property from the path of flood waters.
- **Permanent Evacuation** removes an affected population from areas subject to inundation. This involves the acquisition of lands and the removal of improvements. The acquired lands can be used for agriculture, parks or other purposes that would not interfere with flood flows or result in material damage.
- **Flood Insurance** assists by compensating for flood damage but insurance rates should realistically reflect the flood risk in order to avoid encouragement of improper development of flood plains.

مدلسازی سیل (Flood Modelling)



MIKE-11 ○ ○ ○ ○ ○ ○ X X X ○ ○ ○ ○ X

MIKE-21 ● ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ X ○ X ○ ○

MIKE Flood ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

مقاوم سازی در برابر سیل یا پادسیل سازی یا ضد سیلاب کردن (Flood Proofing)

مقاوم سازی در برابر سیل از طریق ایجاد تطابق و تغییرات در ساختمان ها و سازه ها و اطراف آنها برای کاهش خسارات ناشی از سیلاب به شرح ذیل صورت می گیرد:

House and structures raising : رقوم خانه ها یا سازه ها (یا عناصری از سازه ها) که بالاتر از

تراز سیل قرار دارند.

مقاوم سازی اضطراری در برابر سیل (Emergency flood-proofing): حفاظت از اموال (مثلا

استفاده از کیسه های شن) پس از دریافت اعلام خطر که می تواند طرح آن از قبل تهیه شده باشد یا فی البداهه تهیه شود.

Permanent flood-proofing : تغییرات فیزیکی در اموال به منظور مقاوم سازی آن در برابر سیل.

Dry flood-proofing : ضد سیل کردن یک ملک برای آن که آب از آن دور نگه داشته شود.

Wet flood-proofing : اجازه دادن به سیلاب برای ورودی به یک ملک یا سازه به منظور حداقل کردن

بارهای ساختمانی به سازه.

Retro-fitting : انطباق و تغییر یک سازه برای مقاوم سازی آن در برابر طغیان.

تغییر مکان دادن (Relocation): جابجایی اختیاری یا اجباری اموال و مردم از نقاط سیل گیر یک منطقه به نقاط امن.

مقابله با سیلاب (Flood fighting): عملیاتی است که در خلال جریان سیل برای جلوگیری از تلفات جانی و مالی و شکستن و ناکارایی سازه های کنترل سیل، مثل انحراف دادن سیلاب به جهاتی دیگر برای حفاظت از نواحی حساس صورت می گیرد. مقابله با سیلاب غالباً وقتی صورت می گیرد که سازه های حفاظتی و کنترلی سیل کارایی نداشته باشند و قطعی شود که شکسته می شوند و کارایی خود را از دست می دهند. مقابله با سیلاب ممکن است شامل اقداماتی از قبیل تخلیه سیل زدگان از مناطق تهدید شده، بستن جاده ها طبق طرح از قبل تهیه شده، تهیه امکانات درمانی، تقویت حفاظت های پلیسی، استفاده از تلمبه های قابل حمل برای تخلیه فاضلاب های بهداشتی اضافی، حفاظت با استفاده از کیسه های شنی، احداث دیواره های موقت خاکی در اطراف ساختمان ها، فعال کردن اقدامات مقاوم سازی در برابر سیل، و به طور مداوم بازرسی از تسهیلات کنترل سیل می باشد.

افزایش تراز، دیوارهای سیل بند، ضد سیل نمودن در حالت خشک، ضد سیل نمودن در حالت مرطوب

روشهای مدیریت سیلاب

- استراتژی های گوناگونی برای کاهش خسارات سیلاب از طریق حفاظت و مدیریت سیلاب وجود دارد که این استراتژی ها ممکن است حساسیت نسبت به خسارات سیل، آب سیل و اثر سیل گیری (در حین وقوع سیل و بعد از وقوع سیل) را تعدیل کنند.
- اقدامات حفاظت سیلاب می توانند به دو دسته اقدامات سازه ای (سخت) [Hard] و غیرسازه ای (نرم) [Soft] تقسیم گردند. سدها، مخازن کنترل سیل، سازه های انحرافی از جمله اقدامات سازه ای مهار سیلاب هستند. احداث مخازن جایی که آب مازاد می تواند ذخیره شود، یک توزیع موقتی تنظیم شده از جریان رودخانه را مجاز می کند و به تعدیل سیلاب با مسطح کردن پیکهای سیلاب مخرب کمک می کند.

روشهای مدیریت سیلاب

- در یک تقسیم بندی دیگر، کارهای مهندسی به دو صورت نرم و سخت برای کنترل سیل مطرح می شوند.

۱- راهکار نرم (Soft Work)

۲- راهکار سخت (Hard Work)

- جمع آوری و کنار گذاشتن کارهای سخت (Hard Work) مشکل تر و سخت تر از کارهای نرم (Soft Work) است. هزینه تخریب یک سد ۲ تا ۳ برابر هزینه احداث یک سد است. کارهای نرم چهره طبیعت را خیلی تغییر نمی دهند.

روشهای مدیریت سیلاب

نمونه هایی از اقدامات غیرسازه ای (نرم) مهار سیلاب می تواند شامل موارد ذیل گردد:

پهنه بندی (Zoning)، مقررات برای توسعه نواحی در معرض خطر سیل با باقی گذاشتن دشتهای سیلابی با زیرساختارهای کم ارزش به عنوان مثال پوشش گیاهی اغلب اوقات سیل گرفته.

سیستم مهار سیلاب، پیش بینی، هشدار (صدور و انتشار)، تخلیه، امداد و ترمیم (بازیافت) بعد از سیلاب.

بیمه سیلاب (Flood Insurance)، که تقسیم ریسکها و خسارات در بین تعداد بیشتری از مردم در یک مدت زمان طولانی می باشد. بیمه سیلاب سیاستی است که برای کاهش خسارات سیل توسط دولت اعمال می شود که از جمله راهکارهای نرم است.

ظرفیت سازی (Capacity Building) ، بهبود آگاهی، درک و آمادگی مقابله با سیلاب، بالا بردن روشهای مشارکتی (Participatory) .

روشهای مدیریت سیلاب

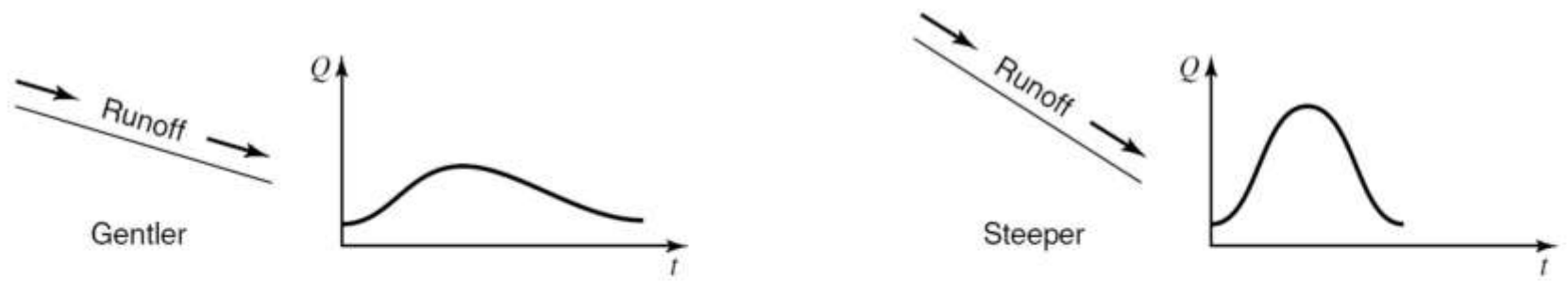
یکی از اقدامات مهم حفاظت سیلاب کنترل منبع (Source Control)، یعنی آبخیزداری شامل کاربری اراضی و حفاظت خاک به منظور به حداقل رساندن رواناب سطحی، فرسایش و انتقال رسوب است. ایده کنترل منبع یعنی گرفتن (گیرش) آب در جایی که آن ریزش می کند، از طریق اقداماتی نظیر افزایش میزان نفوذ (سطح نفذناپذیر کاهش یافته، افزایش پیاده روها و پارکینگهای نفوذپذیر)، ذخیره محلی (استخرها و ساختمانها) و ذخیره آب زیرزمینی (Kundzewicz & Takeuchi, 1999).

اقدامات آبخیزداری از جمله راهکارهای نرم است. عمده نقش کارهای آبخیزداری در کاهش تولید سیل (کاهش مقدار سیل) است ولی در کنترل سیل نقش کمتری دارند. کارهای آبخیزداری اثربخشی و نتیجه بخشی زیادی دارند. حتی اقدامات سازه ای آبخیزداری جزء راهکارهای نرم به حساب می آیند.

روشهای مدیریت سیلاب

پارامترهای حوزه آبخیز:

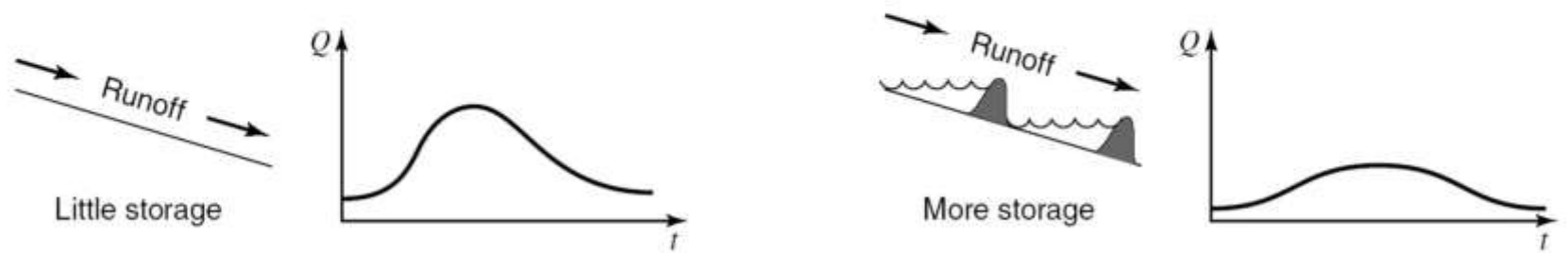
- مساحت حوزه آبخیز
- طول آبراهه اصلی
- شیب آبراهه اصلی
- شیب حوزه آبخیز
- نوع خاک
- کاربری اراضی و پوشش گیاهی
- خصوصیات آبراهه
- ظرفیتها و موقعیت ذخیره



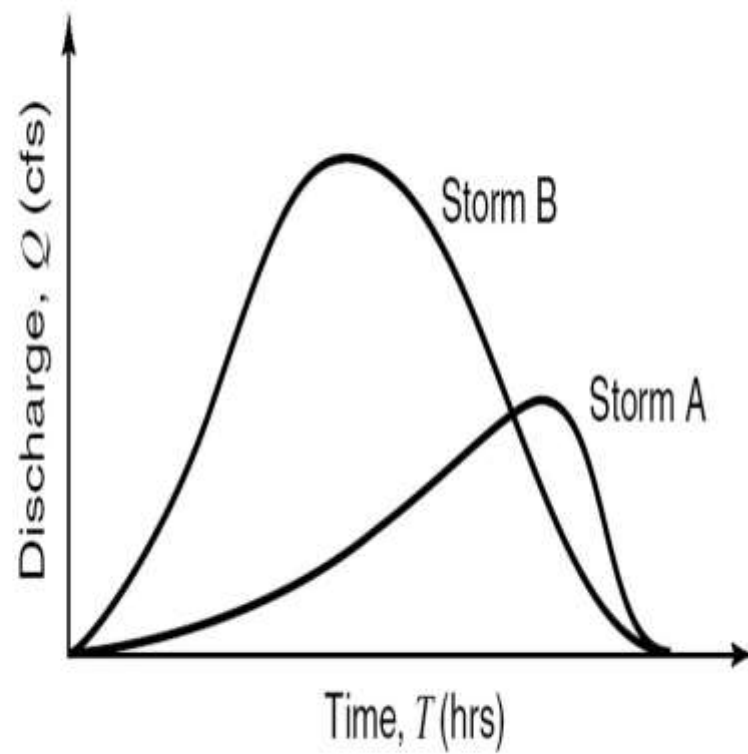
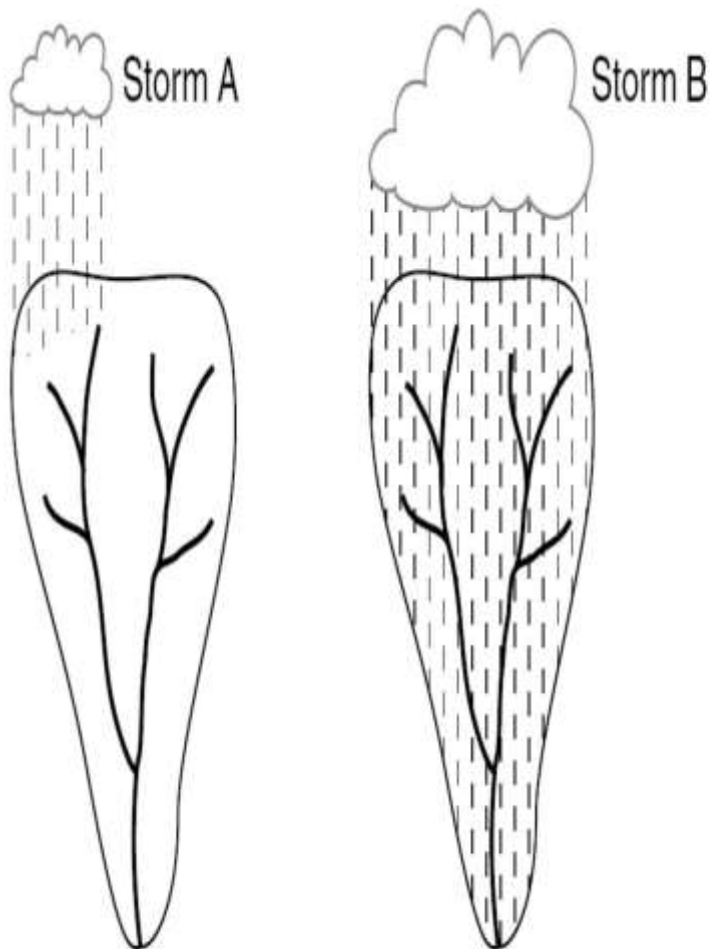
(a)



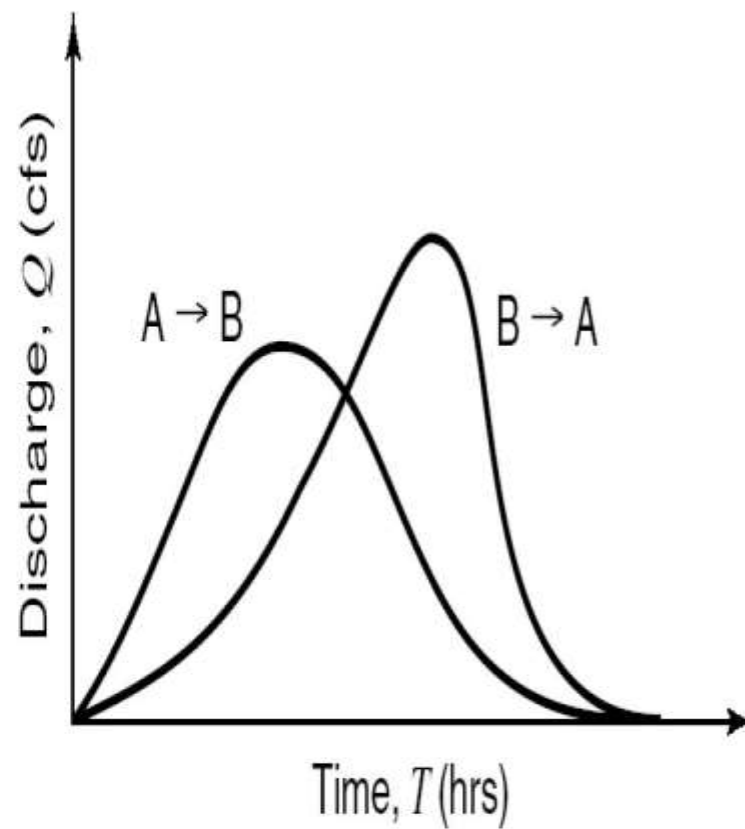
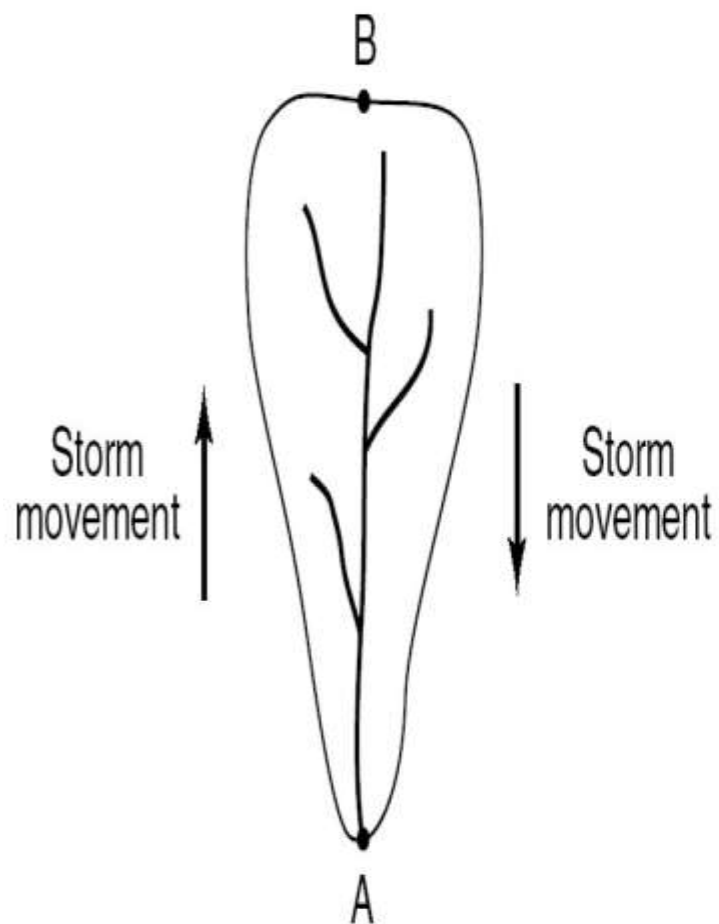
(b)



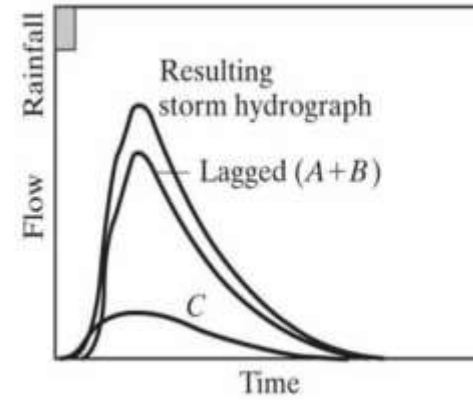
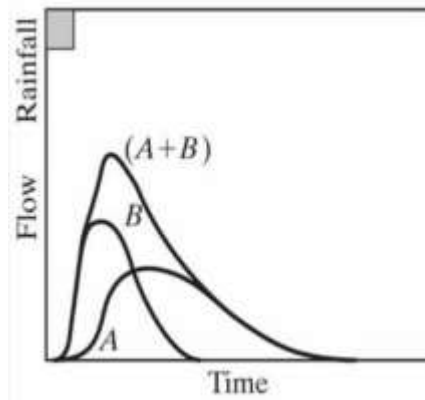
(c)



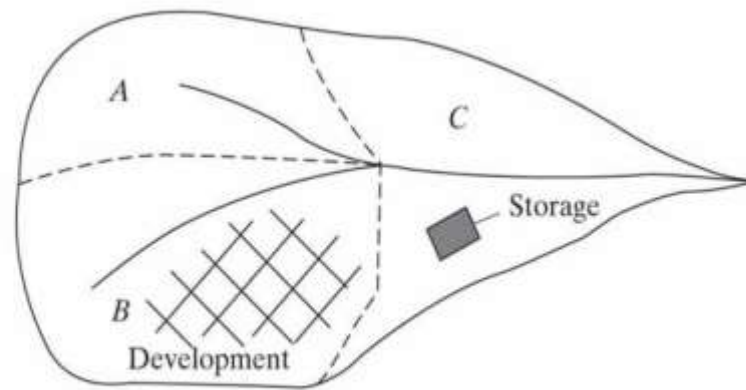
(b)



(c)

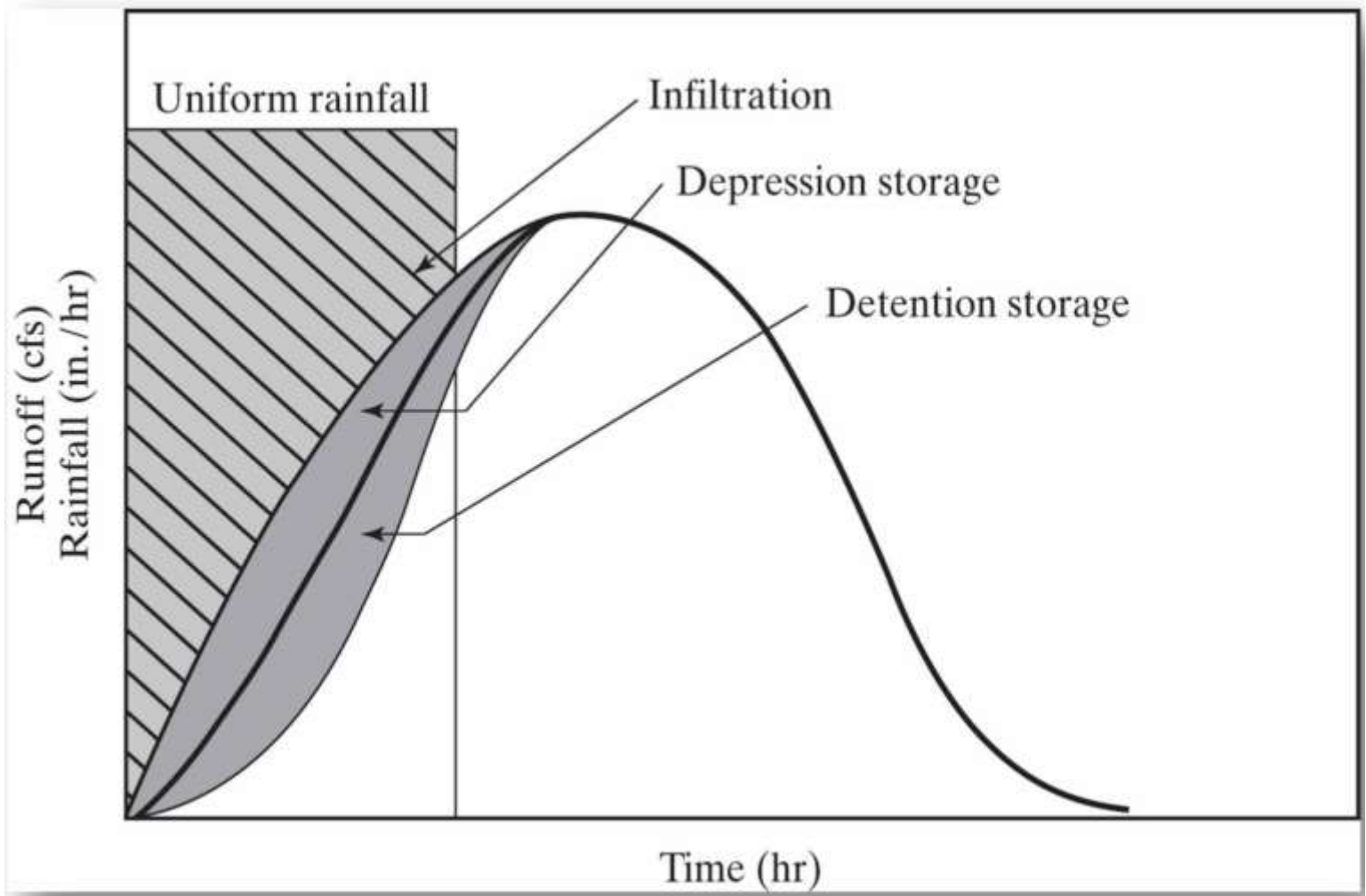


(b)



(b)

DIRECT RUNOFF



روشهای مدیریت سیلاب

کانالهای و حوضچه انحرافی (Diversion Channels and basin) : کانالهای سرریز که آب

مازاد را در مواقع سیلابی خارج می کنند.

محدودسازی و لایروبی کانال (Channel Straiteming and Dredging) : تنگ و محدود

کردن کانال به منظور افزایش سرعت آب رودخانه و بیرون کشیدن آب از حوزه
آبخیز با بیشترین سرعت ممکن.

روشهای مدیریت سیلاب

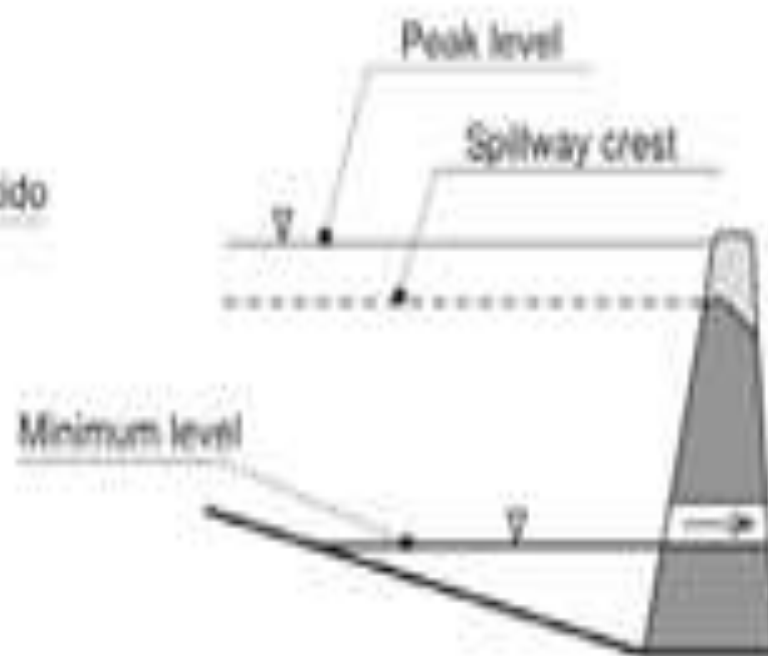
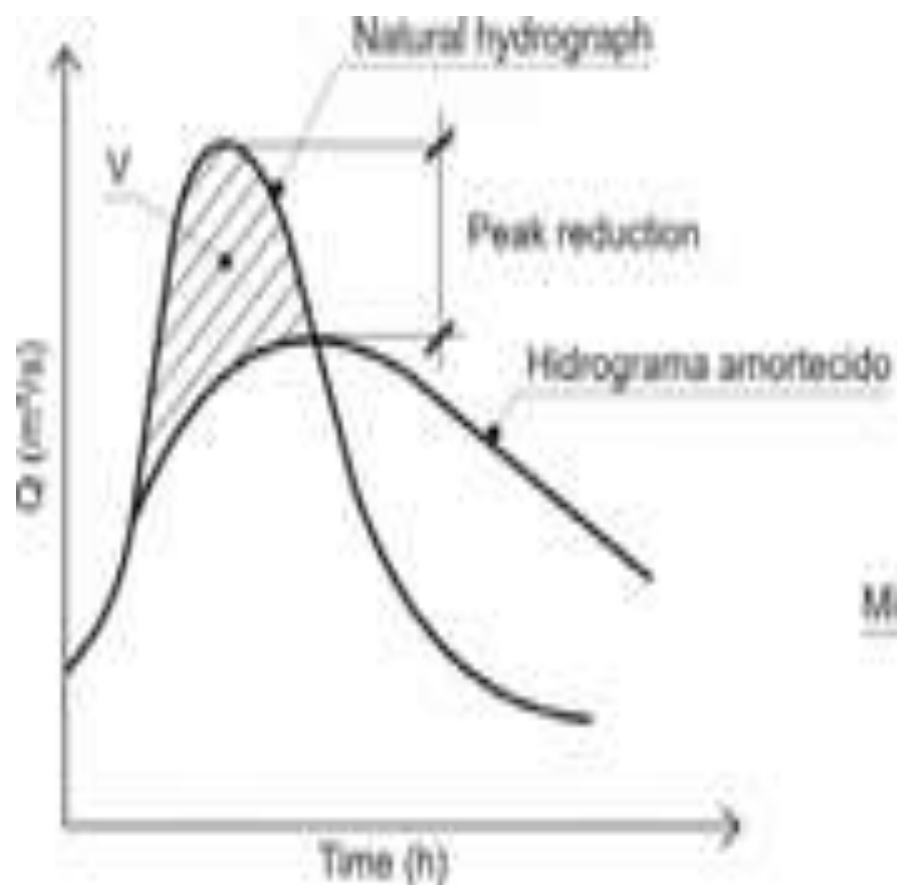
سدها و مخازن (Dams and Reservoirs): یکی از روشهای مهم کنترل سیلاب، استفاده از ظرفیت مخزن برای ذخیره سیلاب و روندیابی و تنظیم دبی سیلاب می باشد. برای این منظور، بخشی از ذخیره موثر مخزن برای ذخیره سیلابهای احتمالی اختصاص داده می شود. احداث سدهای مخزنی از جمله اقدامات سازه ای (سخت) دیگر برای مدیریت سیلاب است که هر چقدر سطح حوضه بزرگتر باشد، نیاز به احداث سدهایی با سطح بزرگتر است. این سازه ها به عنوان منبع آب شیرین، مانع جریان آب رودخانه و همچنین تنظیم جریان رودخانه می شوند. سدهای بزرگ دو نقش عمده را ایفا می کنند: آب را می گیرد و رهاسازی می کنند و یا آب را می گیرد و نگهداشت می کنند. سدهای بزرگ بخشی از آب را حبس می کنند که بواسطه ریسک خشکسالی انتقادپذیر است. سدها بایستی آب را گرفته و با دبی کمتر رهاسازی کنند.

روشهای مدیریت سیلاب

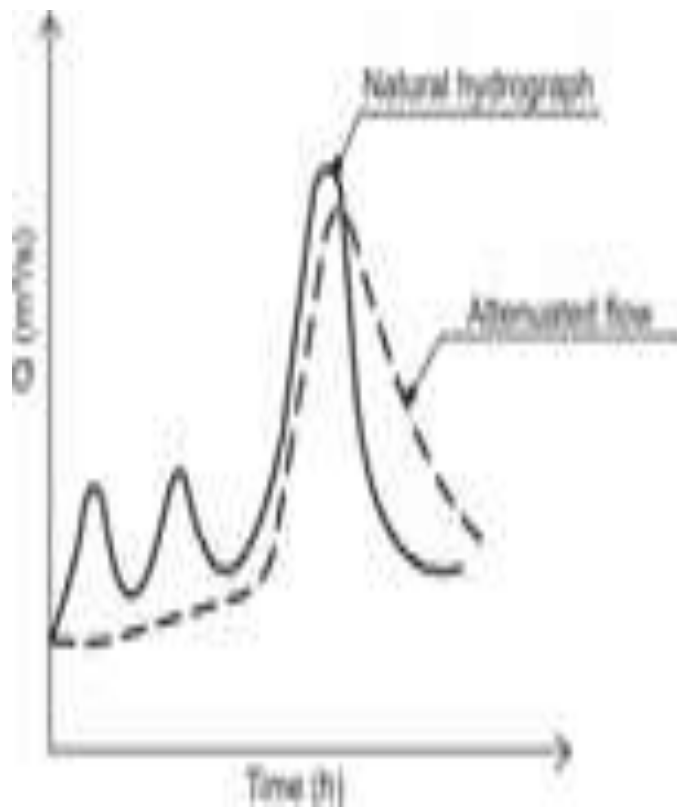
این موضوع که در حوضه ای سدی احداث شده می بایست نشان دهد که این سد چه مقدار از رواناب حوضه را می تواند کنترل نماید. ذخیره ویژه عبارت است نسبت گنجایش موجود سدها به سطح حوضه. با استفاده از این شاخص می توان تعیین کرد چه مقدار از رواناب حوضه توسط سد کنترل می شود. موضوع دیگری که در سدهای مخزنی مطرح است، روش بهره برداری است که به منظور ذخیره سیلاب مقداری از سطح مخزن را در دنیا خالی می گذارند. در کشورمان بواسطه خشکسالی و شرایط اقلیمی خاص، این امر منتفی است و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست که مخزن سد را خالی گذاشت.

مخازن می توانند به گونه ای طراحی شوند که همیشه یک مقدار معینی آب را نگهداری نمایند که به حوضچه های نگهداشت یا جذب (Retention basins) معروف هستند و یا بعد از استفاده کاملاً خشک می شوند، سپس در طی بارندگیهای سنگین برای منظورهای دیگر مورد استفاده قرار می گیرند که این نوع حوضچه به حوضچه های تنظیم کننده (Detention basin) معروف است.

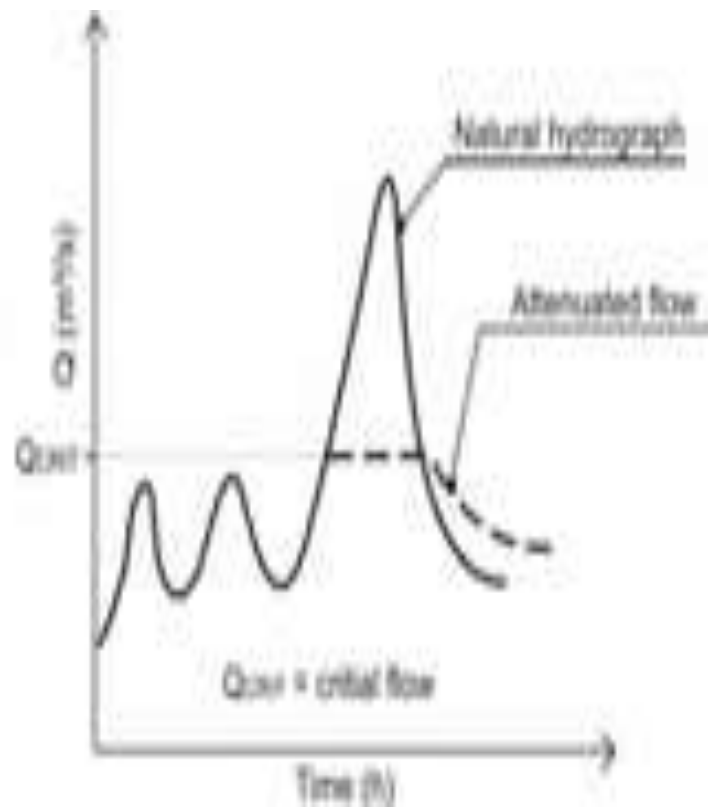
اثر مخزن



بهره برداری از مخزن

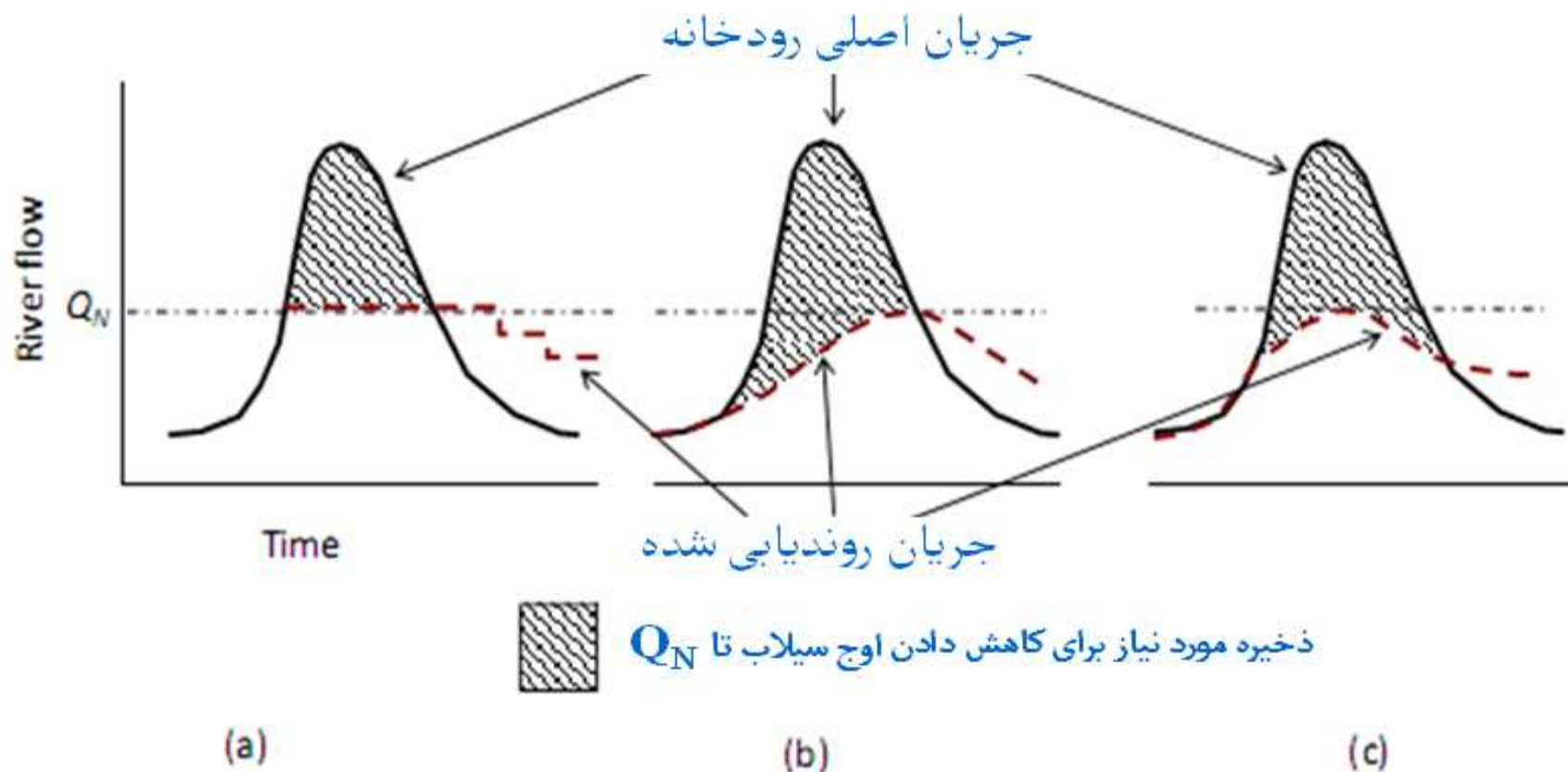


بدون کنترل



با کنترل

اقدامات تخفیف سیل (Flood MITIGATION MEASURES)

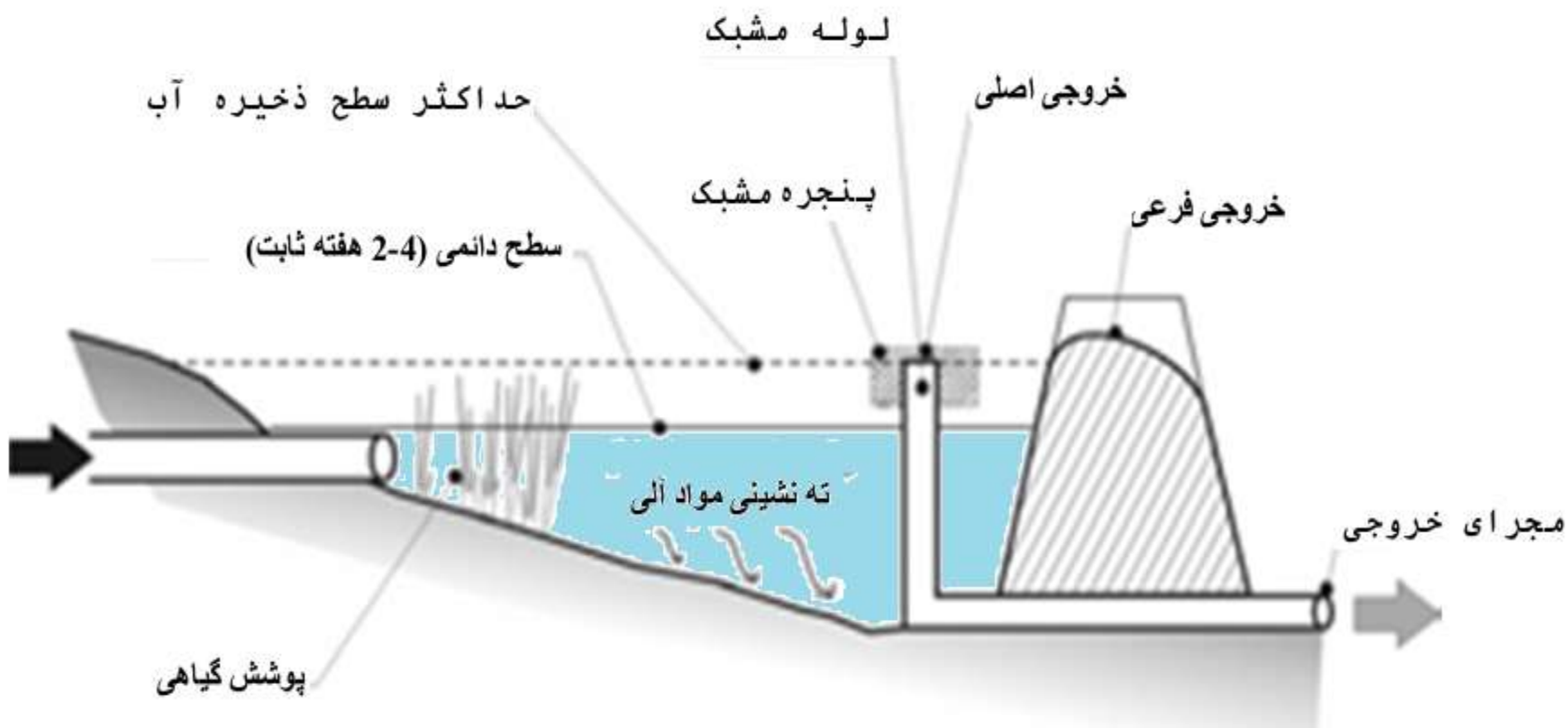


اثرات مخازن بر روی سیلابها: (a) ذخیره تنظیم شده (b) ذخیره تنظیم نشده بر روی رودخانه
(c) ذخیره تنظیم نشده در خارج از رودخانه (اصلاح شده از WMO، ۱۹۹۷)

روشهای مدیریت سیلاب

یک حوضچه نگهداشت (جذب) (Retention basin) یک دریاچه مصنوعی با پوشش گیاهی در پیرامون آن می باشد که به منظور مدیریت کردن رواناب رگبار و جلوگیری از وقوع سیل و فرسایش پایین دست و همچنین بهبود کیفیت آب در یک رودخانه، دریاچه و یا خلیج همجوار استفاده می شود. حوضچه نگهداشت (جذب) شامل یک استخر دائمی از آب می باشد و گاهی اوقات یک حوضچه تر (Wet pond) یا حوضچه نگهداشت تر (Wet detention basin) نامیده می شود. حوضچه های تر غالباً برای بهبود کیفیت آب، تغذیه آب زیرزمینی، کنترل سیلاب و ... مورد استفاده قرار می گیرند. بعضی اوقات، این حوضچه ها به عنوان جایگزینی برای جذب طبیعی یک جنگل عمل می کنند. یک حوضچه نگهداشت همه وقت و همیشه آب را نگه می دارد. تراز سطح حوضچه ممکن است نوساناتی داشته باشد، اما معمولاً در داخل حوضچه مقداری آب هست.

حوضچه نگهداشت یا جذب (Retention basin)

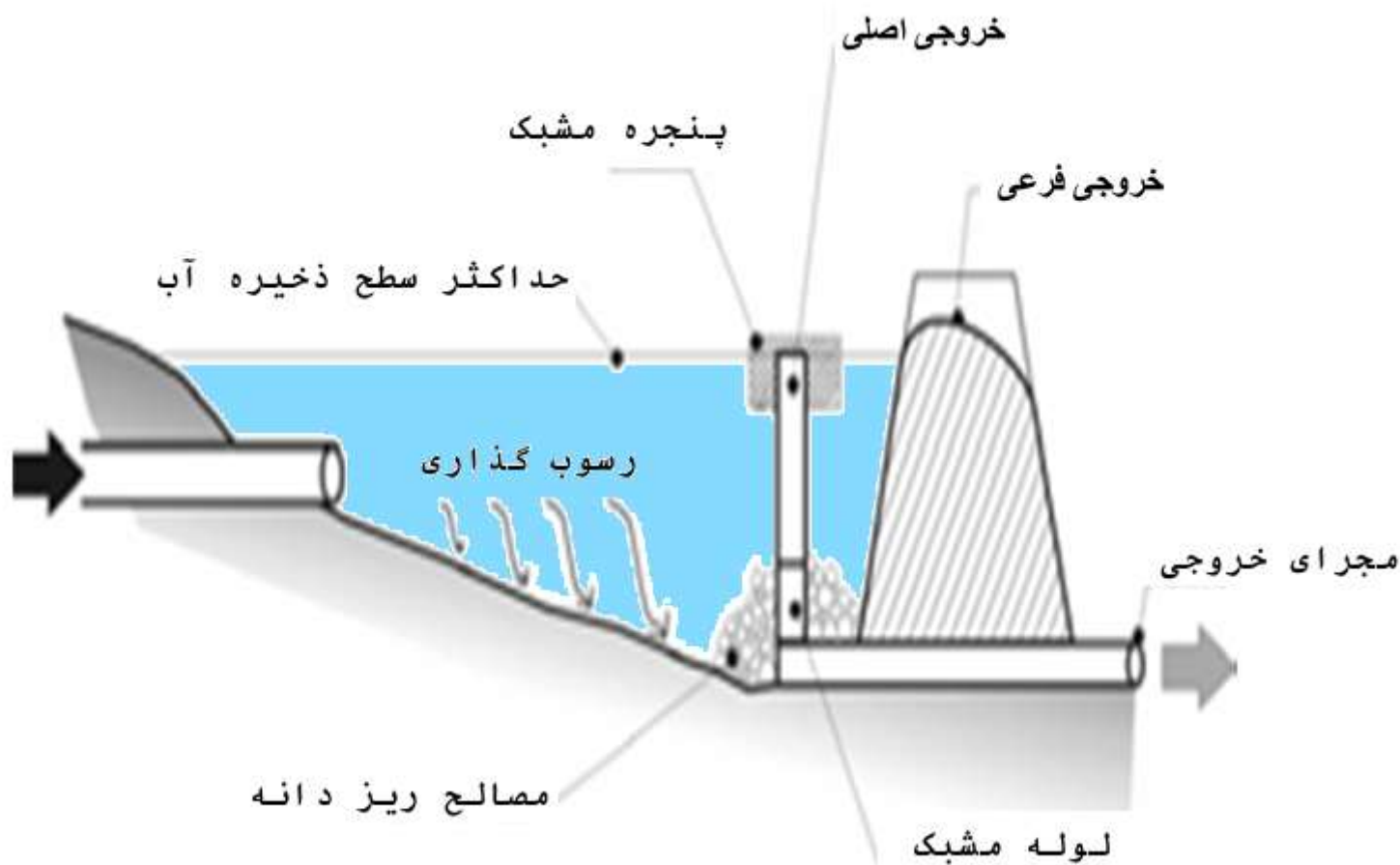


مخازن کنترل کننده مواد جامد (Maidment, 1993)

روشهای مدیریت سیلاب

یک حوضچه نگهداشت از یک حوضچه تنظیم کننده (Detention basin) تمایز داده می شود که گاهی اوقات یک حوضچه خشک (Dry pond) نامیده می شود که بطور موقت آب را بعد از یک رگبار ذخیره می نماید. اما سرانجام به میزانی کنترل شده به منبع آبی در پایین دست تخلیه می گردد. همچنین یک حوضچه تنظیم کننده متفاوت از یک حوضچه تغذیه یا نفوذ است که به منظور هدایت کردن آب رگبار به آب زیرزمینی از طریق خاکهای نفوذپذیر طراحی می شود. موقعی که بارندگی خاتمه می یابد سپس یک حوضچه نگهداشت (تنظیم کننده) در مدت زمان کوتاهی تخلیه می گردد.

حوضچه تنظیم کننده (Detention basin)



مخازن کنترل کننده مواد جامد (Maidment, 1993)

روشهای مدیریت سیلاب

یکی دیگر از اقدامات مهار سیلاب، استفاده از استخرها (Ponds) می باشد که ممکن است به صورت تالاب (Wetland) باشند. می توان در کنار رودخانه ها استخرها را ایجاد نمود و یا بطور طبیعی وجود دارد. این سازه پیک سیلاب را کاهش داده و موجب کاهش شدت سیلاب می شود. به عنوان مثال، تالاب انزلی نقش تعدیل کننده دارد و نبود آن می توانست تهدید جدی برای شهر بندر انزلی باشد. علاوه بر این، تالابها نقش اقتصادی مهمی را دارند. در کشور ایران، تالابهای میان کاله، آب بندان محله و آب بندان روشنجان بابل نقش مهمی در حفاظت مناطق اطراف دارا می باشند.

گاهی اوقات در حاشیه رودخانه ها پوندهایی به طرق مختلف طاحی و ساخته می شوند که در سیلابهای شهری کاربرد دارند. در مناطق شهری این پوندها می تواند به صورت یک پارکینگ و یا زمین بازی باشد.

همچنین برای پرورش ماهی (مانند کبوتر ماهی که حساس به گل آلودگی نیست) می توان از آب گل آلود سیل استفاده نمود و یا می توان برای آبیاری موقت چراگاه از آب سیل استفاده نمود.

ممکن است مسیر ورود و خروج آب یکی باشد، یعنی پس از اینکه آب وارد مخازن شد پس از فروکش کردن سیل از همین مسیر دوباره خارج شود که ماندابی (Ponding) نام دارد.

روشهای مدیریت سیلاب

احداث سدهای تاخیری یا سدهای باز به منظور کاهش دبی سیل از راهکارهای سازه ای (سخت) محسوب می شود. این نوع سازه ها در سرشاخه های رودخانه کاربرد دارد که بایستی میزان رهاسازی زیاد باشد. در این سدها یک روزنه یا دریچه ای را تعبیه می کنند (در ایالات متحده بر اساس سیل استاندارد ۱۰۰ ساله). این روزنه می بایست به گونه ای طراحی گردد که ارتفاع آن از ۱۵ تا ۱۷ متر تجاوز نکند. از فرمول: $Q=0.6A\sqrt{2gh}$ برای محاسبه دبی خروجی استفاده می شود که در آن A سطح روزنه (۳ متر مربع) است. روزنه یا دریچه بایستی به گونه ای طراحی گردد که بتواند جریانی به اندازه Q را از خود عبور دهد. به عبارت دیگر، دبی خروجی از منفذ یا روزنه به اندازه مشخصی باشد که این مقدار مشخص به اندازه حداکثر ظرفیت پائین دست (حداکثر کشش رودخانه) باشد. همچنین باید رابطه (نمودار) بین ارتفاع و حجم مخزن و رابطه بین سطح مخزن و ارتفاع را بدست می آورند. ارتفاع دیواره سد بایستی تا ارتفاع خاصی در نظر گرفته شود. زیرا عواملی نظیر عمق دره، شرایط توپوگرافی و زمین شناسی (برون زدگی آذرین و یا مارنها) از جمله عوامل محدود کننده هستند. برای این منظور، از روندیابی سیل در مخزن استفاده می شود.

روشهای مدیریت سیلاب

احداث سدهای آشغال گیر از روشهای دیگر سازه ای مهار سیلاب است. یکی از مسائل مهم در وقوع سیلابهای مصنوعی بسته شدن دهانه پلها توسط آشغالهای گوناگون حمل شده توسط آب نظیر درختان شکسته، ماشینها و کیوسکهای روزنامه فروشی و چوب و غیره است. برای مهار چنین سیلابهایی از سدهای آشغالگیر استفاده می شود مانند کردکوی. این نوع سدها، در بالادست پل ها احداث می شوند و از تشدید سیل می کاهند و همچنین از شکسته شدن پل ها جلوگیری میکنند ولی میزان سیل را کاهش نمی دهند. همچنین در مورد جریانهای واریزه ای (Debris Flows) یا روانه های گل در بعضی از مناطق از سدهای آشغال گیر استفاده می شود. این نوع جریانهای بسیار غلیظ می توانند سنگهای خیلی درشت را با خود حمل کنند که در کشورهایی مانند ایتالیا و ژاپن حائز اهمیت هستند.

فرازبند یا سد انحرافی موقت (Cofferdam)

هنگامی که یک سد قرار است بر روی یک رودخانه احداث گردد، رودخانه می بایست منحرف شود بطوری که احداث سد بتواند انجام شود.

- **انحراف یک مرحله ای با استفاده از فرازبندها**

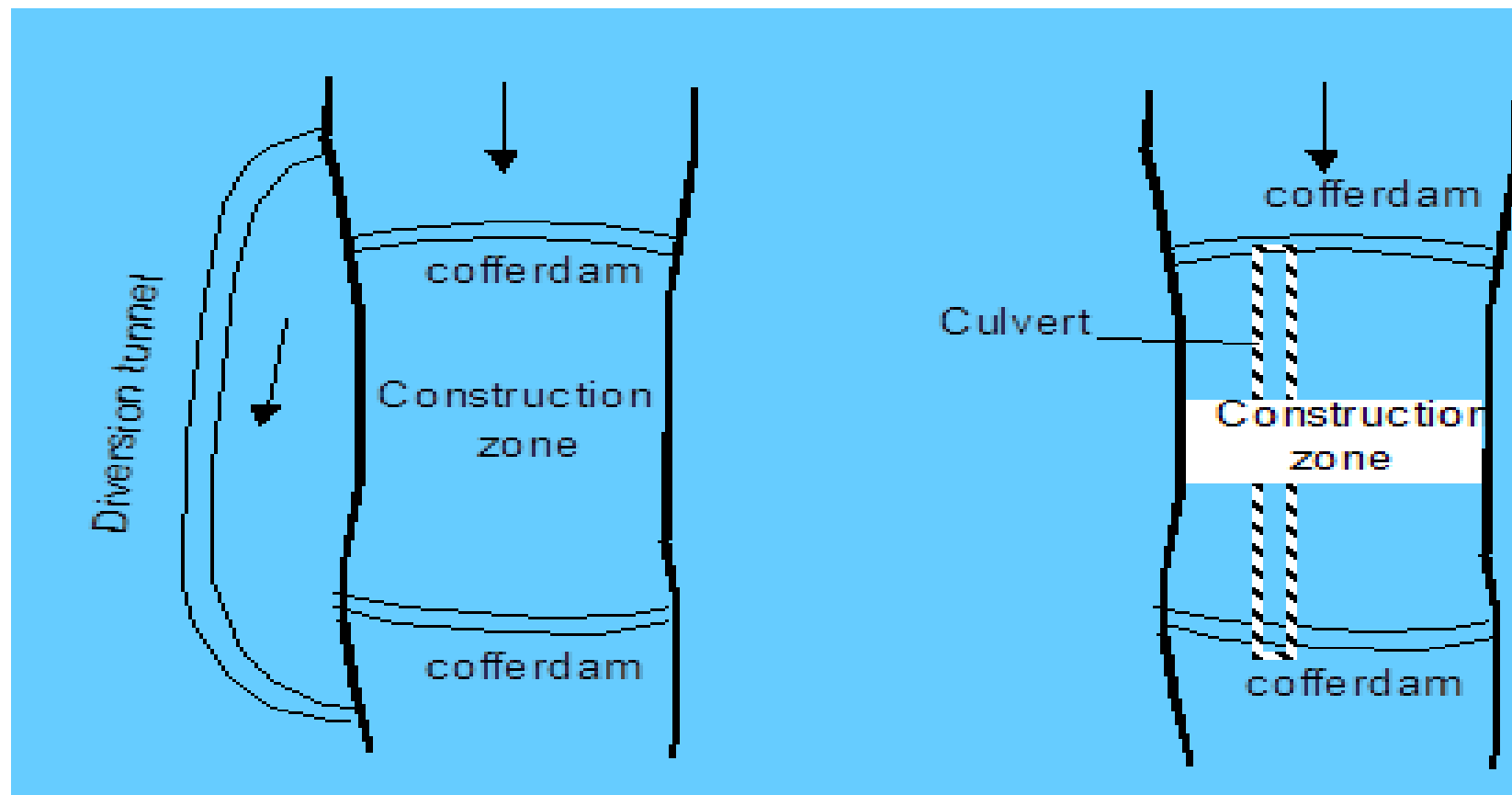
- **انحراف دو مرحله ای با استفاده از فرازبندها**

فرازبند یا سد انحرافی موقت (Cofferdam)

• انحراف یک مرحله ای با استفاده از فرازبندها

اگر شرایط زمین شناسی و توپوگرافی مناسب باشد، یک تونل یا کانال انحرافی ممکن است برای هدایت کردن جریان کامل در اطراف محل احداث سد مورد استفاده قرار گیرد. بطور جایگزین، یک کالورت (به عنوان مثال: لوله بتونی) برای هدایت جریان رودخانه از میان منطقه احداث می تواند ساخته شود. این روش برای سدهای قوسی، سدهای خاکی و سدهای وزنی بتونی کوچک مناسب است. اگر شیب بستر رودخانه کاملاً تند است بطوری که تراز آب پایین دست پایین تر از محل احداث سد است، فرازبند یا سد انحرافی موقت (Coffer dam) در پایین دست ممکن است ضرورتی نداشته باشد.

انحراف یک مرحله ای با استفاده از فرازبندها

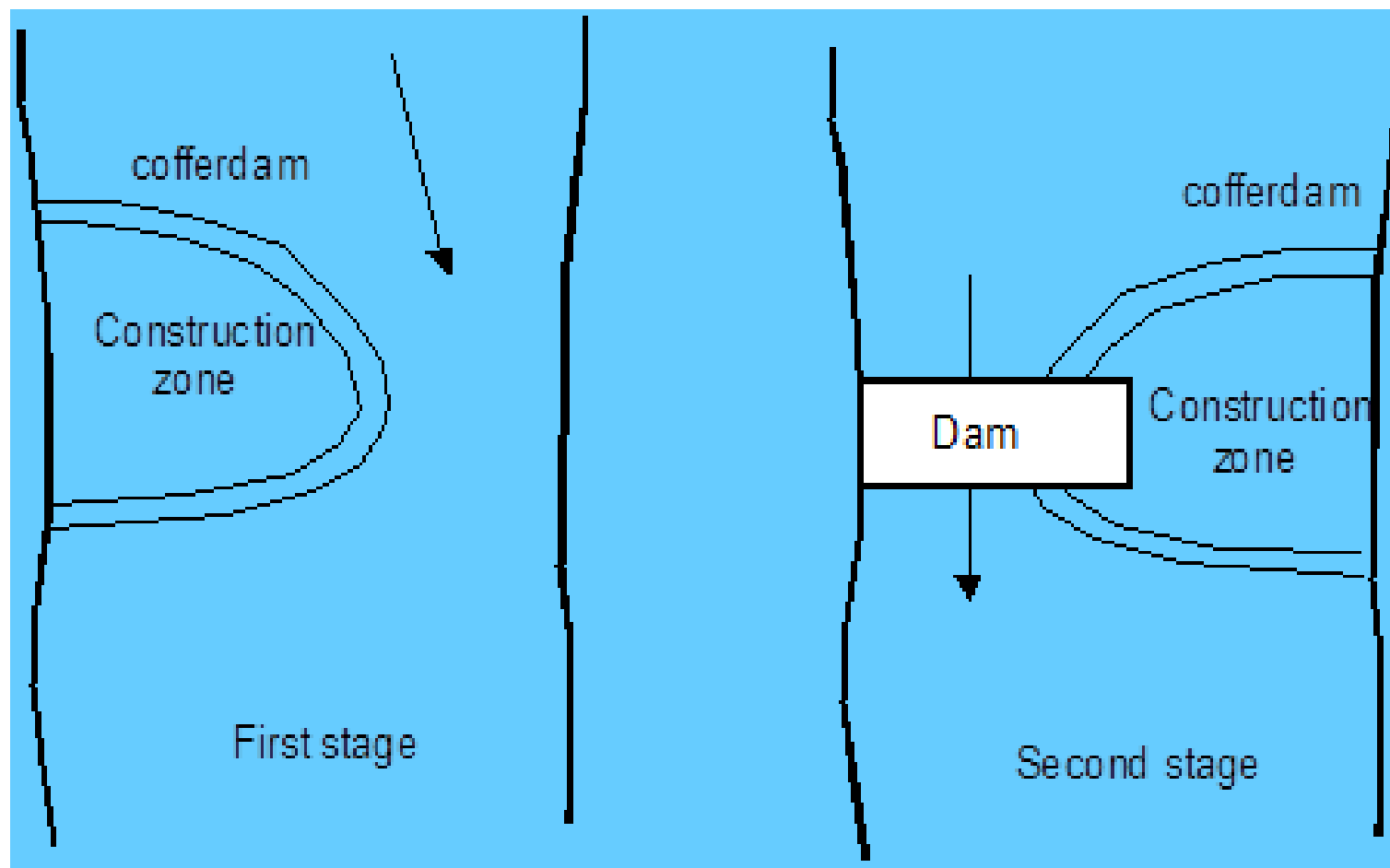


فرازبند یا سد انحرافی موقت (Cofferdam)

- **انحراف دو مرحله ای با استفاده از فرازبندها**

جریان توسط یک فرازبند به یک طرف کانال منحرف می شود در حالیکه کار در طرف دیگر کانال در حال پیشرفت است. بعد از کار در بخش پایین تر سد تکمیل شد، جریان از میان خروجی ها در این بخش منحرف می شود در حالیکه کار در نیمه دیگر کانال در حال انجام است. نیازی به تونل یا لوله انحراف وجود ندارد. این نوع طرح انحرافی برای رودخانه های بزرگ با نیازمندیهای کشتیرانی خیلی مفید است. این نوع طرح انحرافی برای سدهای وزنی بتونی با بستر رودخانه عریض و جریانهای بزرگ مناسب است.

انحراف دو مرحله ای با استفاده از فرازبندها



روشهای مدیریت سیلاب

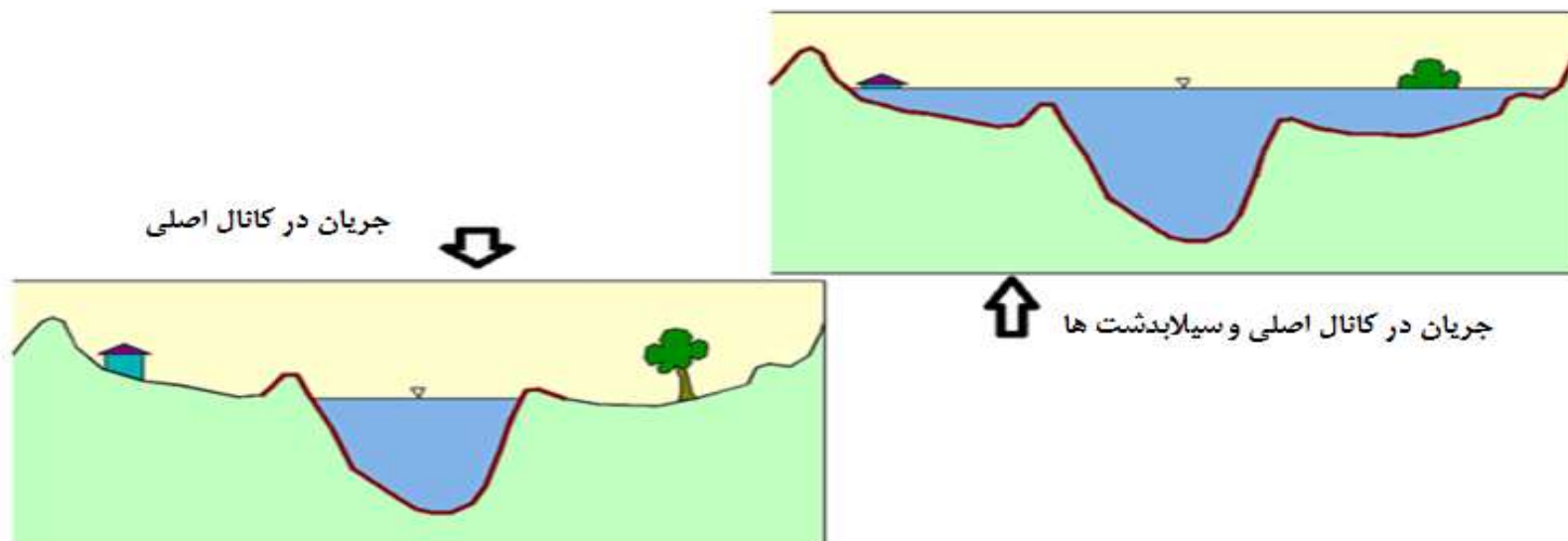
- بعضی از سدهای پیش ساخته و بتنی وجود دارند که خودپایدار (Auto stable) هستند. سدهای سلولی یا متخلخل (Cellular Dams) به صورت پیش ساخته (Precast) شامل دیوارهای افقی و عرضی از جنس بتن یا بتن مسلح هستند که از سلولهای پر شده با خاک، شن، تخته سنگ و یا بعضی از خرده مصالح تشکیل می شوند. به منظور کاهش دادن مقدار بتن مصرف شده، سدهای سلولی با ارتفاع های کوتاه یا متوسط ساخته می شوند.
- روش دیگری که می توان بکار برد، استفاده از چند سد بصورت پلکانی است که دبی خروجی را به میزان دلخواه کاهش دهد که به تدریج اثر دبی اوج را کاهش دهد.

روشهای مدیریت سیلاب

مدیریت سیلاب دشتهای سیلابی (Flood Plain Management) نیز از جمله راهکارهای نرم

محسوب می شود. مدیریت اراضی بر اساس قابلیت آنها مهم است. به گونه ای که اگر کاربری اراضی

(Land Use) با قابلیت اراضی (Land Capability) مطابقت داشته باشد، مشکلی وجود نخواهد داشت.



روشهای مدیریت سیلاب

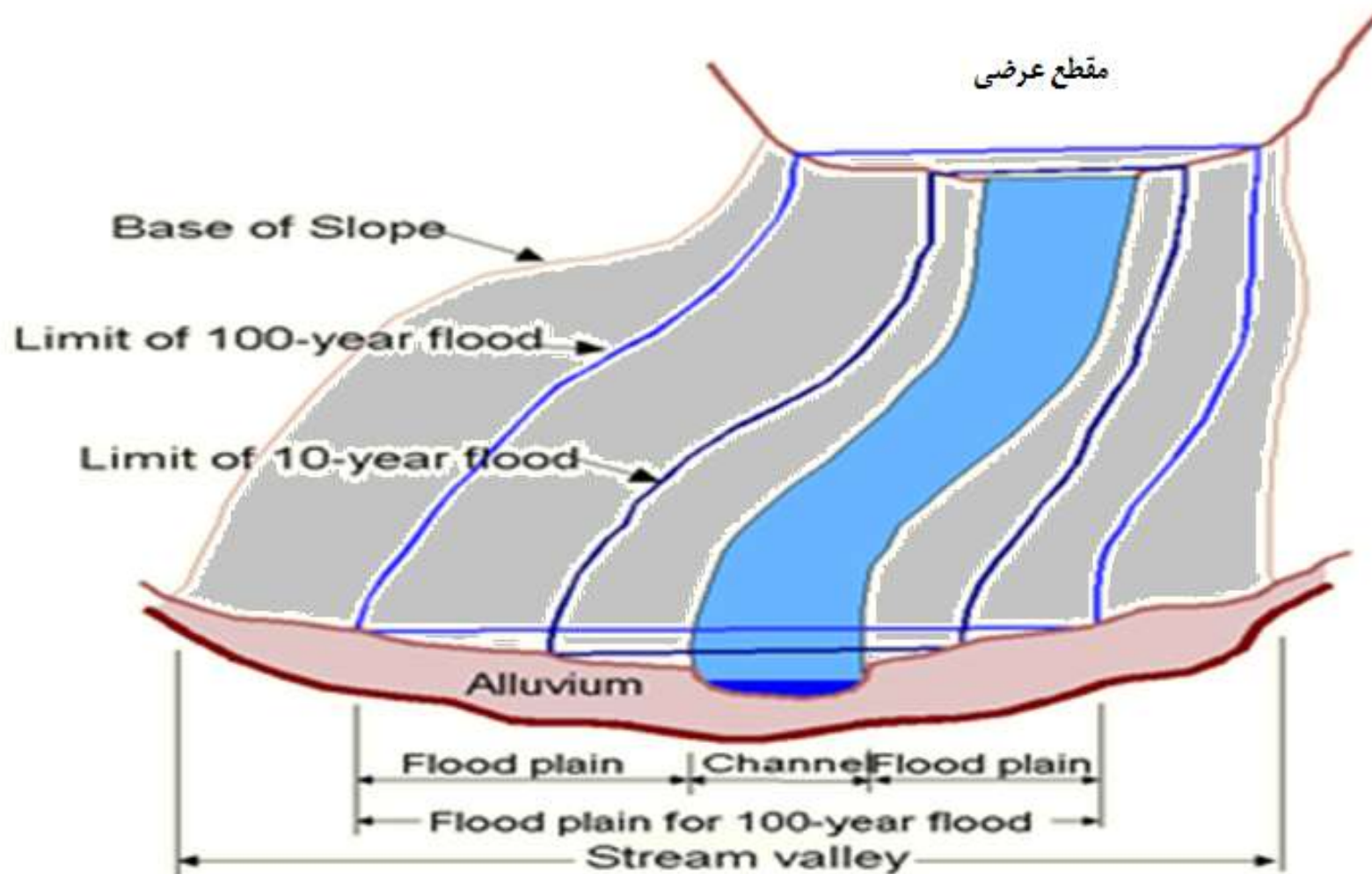
اگر امنیت در یک منطقه وجود نداشته باشد، مردم از آن منطقه فرار می کنند. دشتهای سیلابی در آمریکا امتیازاتی دارند که مردم را به طرف خود جذب می کند (وجود آب برای کشاورزی و حمل و نقل، وجود کارخانه های زیاد در کنار رودخانه). وقتی کشش مردم به طرف دشتهای سیلابی زیاد می شود و عرصه برای آب تنگ می شود، آب این عرصه را برای خود باز می کند و قسمتهای بیشتری را سیل فرا می گیرد. یعنی دشتهای سیلابی بایستی طبقه بندی گردد که کجا برای چه کاری مناسب است. کانال اصلی برای هیچ کاری مناسب نیست).

روشهای مدیریت سیلاب

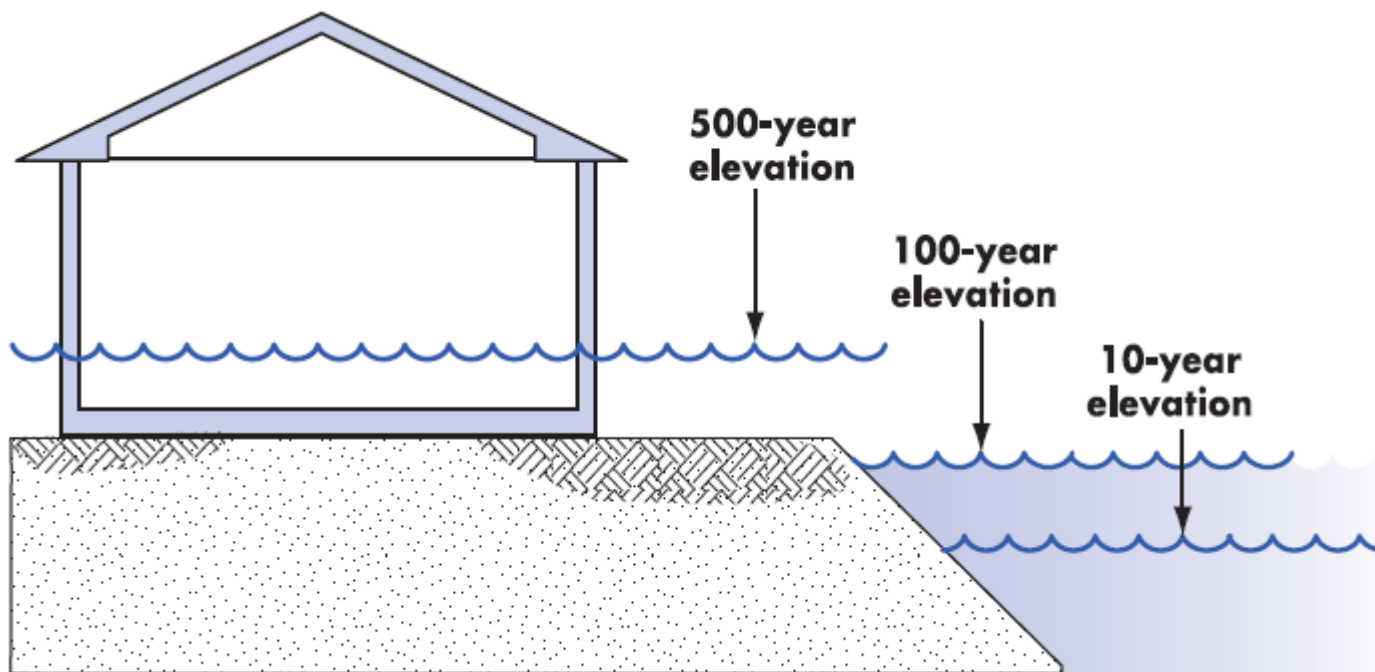
قسمتهایی که در معرض سیل ۱۰ ساله هستند به عنوان پارک استفاده می شود. در قسمتهایی که در معرض سیل ۲۰ ساله هستند، پارکینگ ساخته می شود. در قسمتهایی که در معرض سیل ۵۰ ساله هستند، می توان خانه های یک طبقه ساخت. اگر بیمارستان باید احداث شود، باید جایی ساخته شود که سیل با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله وجود داشته باشد. نیروگاه بایستی در منطقه ای ساخته شود که سیل با دوره بازگشت ۱۰۰۰ ساله آن منطقه را فرا گیرد. از این رو، ساخت تاسیسات در دشتهای سیلابی می بایست مطابق با مقررات ساختمانی (نظام نامه یا دستورالعمل ساخت، و یا کنترل ساخت، مجموعه ای از قوانین و قوانین با حداقل سطح قابل قبول ایمنی برای ساخت و ساز) (Building Code or Building Control) باشد. در کشور ایران، تعیین ضوابط و استانداردها به عهده وزارت مسکن و شهرسازی است.

روشهای مدیریت سیلاب

بخشهایی از دشت سیلابی در بازه ای از دره رودخانه



موقعیت ساخت خانه با توجه به تراز سطح سیلاب با دوره بازگشتها مختلف



Washland storage

به هنگام وقوع سیلاب و طغیان رودخانه ها، سرریز شدن آب از کناره آنها، جریان کناره ای را ایجاد می کند که سرعت کمتری نسبت به جریان اصلی داشته و پهنه سیلاب را تشکیل می دهد و می تواند مقدار قابل توجهی از سیلاب را در خود ذخیره نماید و به عنوان یک آبراهه عریض عمل نماید.

کنترل سیلاب و مدیریت سیلاب دشت نیازمند تحلیل های هیدرولیکی و هیدرولوژیکی مرتبط با سیل می باشد. در این تحلیل ها سطح سیلاب دشت، ارتفاع سیلاب، مشخصه های هیدرولیکی و هیدرولوژیکی سیلاب دشت و راهکارهای سازه ای و غیرسازه ای کنترل سیلاب و کاهش خطر سیل مورد ارزیابی قرار می گیرد.

احداث مکان هایی در سیلابدشت برای ذخیره سیلاب به منظور کاهش آبگرفتگی پایاب. طرح ها ممکن است غیر فعال (وقتی تراز سیل به حد معینی می رسد بدون مداخله این نواحی را سیل می گیرد) یا فعال (آب وقتی وارد این نواحی ذخیره ای می شود که مثلا دریچه های عمقی را باز کنند) باشد.

Structural measures (Simons et al. 1977)

Measure	Main advantage	Main disadvantage	Application
<i>Extensive measures</i>			
Alteration of vegetation cover	Reduction in flood peaks	Impracticable for large areas	Small watersheds
Control of soil loss	Reduces sedimentation	Similar to previous item	Small watersheds
<i>Intensive measures</i>			
Dykes and polders	High level of protection of an area	Significant damage in the event of failure	Large rivers and on plains
<i>Improvements to channel:</i>			
Reduction of roughness by removal of obstructions	Increases flow for little investment	Localized effect	Small rivers
Cutting off meander	Increases the area protected and accelerates flow	Adverse impact in rivers with alluvial bottom	Narrow flood plain
<i>Reservoir:</i>			
All reservoirs	Downstream control	Difficult to site owing to expropriation	Intermediate watersheds
Reservoirs with sluices	More efficient for same volume	Vulnerable to human error	Multi-purpose projects
Flood-control reservoirs	Operation with a minimum of stones	Cost not shared	Limited to flood control
On course of flood	Attenuation of volume	Depends on topography	Large watersheds
Diversions	Reduces flow in main channel	Similar to previous item	Medium and large watersheds

روشهای مدیریت سیلاب

پخش سیلاب جزء راهکارهای نرم است. سیلاب تمرکز آب است. وقتی سیل در رودخانه جریان دارد یک شعاع هیدرولیکی بزرگی دارد که با کاهش شعاع هیدرولیکی، سرعت آب کم شده و میزان نفوذ آب بیشتر می گردد. پخش سیلاب موجب تغذیه آبهای زیرزمینی می گردد. علاوه بر این راهکاری برای حل مشکل سیل است. پخش سیلاب در ایران یک سابقه چند هزار ساله دارد.

روشهای مدیریت سیلاب

کنار گذر (Bypass) از جمله راهکارهای نرم است، ولی گاهی اوقات جزء راهکارهای سخت هم قرار می گیرد. برای مهار سیلاب، روشهای Bypass می تواند به دو صورت موقت و دائمی صورت گیرد. همچنین می تواند به صورت ناقص یا کامل انجام شود. در روش موقتی، آبراهه ای وجود دارد که یک منطقه را تحت تاثیر سیل قرار می دهد، بنابر این آب از این آبراهه به آبراهه دیگری منتقل می گردد و پس از عبور از منطقه مورد نظر دوباره آب به آبراهه اول بر می گردد. اگر تمام سیل را وارد آبراهه دوم کنیم By Pass به صورت کامل صورت می گیرد. ولی اگر بخشی از سیل که تخریب کننده است را انتقال دهیم، By Pass ناقص است. اگر پس از انتقال آب به آبراهه دوم، آب دوباره وارد آبراهه اول نشود، By Pass به صورت دائمی است ولی در روش موقتی، آب دوباره به آبراهه اول بر می گردد.

روشهای مدیریت سیلاب

رودخانه علاوه بر زیبایی شهر، آلودگی ها را با خود حمل می کند، بنابر این ارجحیت این است که Bypass را به صورت ناقص انجام دهیم. در بعضی مواقع، ممکن است نیاز به طراحی سرریزهای جانبی داشته باشیم ولی اکثرا از سرریزهای معمولی استفاده می شود. کف سرریز بالاتر از سطح رودخانه است. بنابر این بطور معمولی آب وارد سرریز نمی شود. فقط در مواقعی که آب از یک حدی بالاتر می رود از طریق سرریز وارد کانال می شود. بعضی مواقع، برای انتقال آب از تونل استفاده می شود که جزء راهکارهای سخت است.

می توان بوسیله روندیابی سیل در مخزن، آب را وارد چاله ای طبیعی یا دریاچه هایی کرد و آبی که به این چاله ها وارد می شود با دبی کمتری خارج می شود. گاهی اوقات آب در این چاله ها می ماند و خارج نمی گردد تا دبی اوج سیل کاهش یابد.

روشهای مدیریت سیلاب

ساماندهی رودخانه (River Training) از جمله راهکارهای نرم است. سیل موقعی ایجاد می گردد که آب زیاد باشد و زیاد بودن آب به این علت است که سرعت آب کم است. بنابر این با افزایش سرعت توسط کاهش ضریب زبری مانینگ با عملیات پاک کردن رودخانه (River Clearing) می توان سیل را کنترل نمود. پس از وقوع یک سیل که سنگهای بزرگی را با خود وارد بستر رودخانه می کند، سنگهای بزرگ را برداشته چون موجب افزایش ضریب زبری می گردد و اگر سیل دوباره رخ دهد ارتفاع آب زیاد شده و سیل بزرگتری رخ می دهد. از این رو، برداشتن این سنگها و بردن آنها به حاشیه های رودخانه سبب کاهش ضریب زبری شده و همچنین کناره ها را از فرسایش کناری حفاظت می کند. رفع موانع فیزیکی از کارهای ساماندهی رودخانه است. با استفاده از وسایلی این مانع را از مسیر سیل برداشته و راه برای عبور سیل باز می شود. اگر با برداشتن مانع برای پائین دست مشکل ایجاد شود، بایستی فکر دیگری برای حل مشکل سیل نمود.

روشهای مدیریت سیلاب

تعریض و تعمیق نمودن رودخانه روش دیگری از اقدامات ساماندهی رودخانه است. تعریض کردن باعث کاهش سرعت جریان رودخانه و تعمیق کردن باعث افزایش سرعت جریان رودخانه می شود. مدیریت زمان تمرکز یکی دیگر از راهکارهای ساماندهی رودخانه است.

اصلاح پل ها یکی دیگر از کارهای ساماندهی رودخانه است. پل ها باید فاصله ی زیادی از همدیگر داشته باشند و باید فاقد کف بند باشند. بعضی مواقع آشغالهای موجود در سیل دهانه پل ها را مسدود کرده و باعث افزایش خسارات سیل می شود. بنابر این سدهای آشغال گیر احداث گردیده تا آشغالهای موجود در سیل را بگیرد.

روشهای مدیریت سیلاب

در بحث مدیریت جامع حوزه آبخیز، بایستی یک دید جامع را در نظر گرفت و باید دید دیواره هایی که ساخته می شوند، چه حد و حدودی داشته باشد و اگر تنگ احداث شوند، بحث کنش زیردیواره ها، کنش بستر، حالت مآندری شدن یا تغییر مسیر رودخانه و مطرح می گردد که معمولاً پشته ها را در دو طرف رودخانه احداث می کنند.

جنگلکاری (Afforestation): کاشت درختان مقادیر برگاب را افزایش می دهد و رواناب سطحی را کاهش می دهد.

روشهای مدیریت سیلاب

Cut Off یکی از راهکارهای ساماندهی رودخانه است. وقتی رودخانه حالت مائندری پیدا می کند، بخش زیادی از انرژی آب صرف اصطکاک می گردد و سرعت آب کاهش می یابد و منطقه مثل یک مخزن عمل می کند و سیل گیر می شود. در این حالت، برای افزایش سرعت جریان آب توسط **Cut Off** قسمت مائندر را جدا می نمائیم. ولی با افزایش سرعت جریان آب، زیاد می گردد، بنابر این با دیواره سازی باید این مناطق را حفاظت نمود. این روش توصیه نمی شود. در آمریکا این روش استفاده شده که در چند دهه شاید جواب دهد ولی رودخانه مسیر خود را عوض می کند و مسیر جدیدی پیدا می کند.

روشهای مدیریت سیلاب

کالورت ها (Culverts) کانالهای صاف به شکل نیمدایره هستند که سرعت جریان آب را افزایش می دهند و آب را از نواحی شهری با بیشترین سرعت ممکن دور نگه می دارند.

پوشش های سنگی (Revetments) که به عنوان دیوارهای محافظ در برابر فرسایش ناشی از موج یا جریان سیل عمل می کنند، دیوارهای کانال (Channel Walls) و گابیونها (Gabions) حاشیه های رودخانه را از فرسایش با استفاده از توده های سنگی بزرگ مستحکم می سازند.

استفاده محدود از دشتهای سیلابی: وضع قوانین، حق بیمه های انتخابی بیشتر، امتناع از بیمه کردن مکانهای ویژه.

روشهای مدیریت سیلاب

گودالها یا پشته های خاکی (دایکها (Dyke, Dike) یا گوره ها) : به عنوان قدیمی ترین روش کنترل سیل محسوب می گردد. برای کنترل سیل دایکها یا گوره ها از خاکهای با بافت متوسط در محدوده دشت سیلابی ساخته می شوند. این گوره ها، یا پشته های خاکی و یا دایکها سازه هایی هستند که در امتداد رودخانه یا دشتهای سیلابی احداث می شوند تا از گسترش سیل جلوگیری نمایند و محدوده گسترش سیل را تنگ تر کنند (Flood Limitation). یکی از طرق کنترل سیل، محدود کردن سیل طراحی و احداث پشته های خاکی است. گاهی اوقات برای پرهیز از احداث یک دایک مرتفع، ۲ دایک بطور متناوب در فاصله ای از هم احداث می شوند.

روشهای مدیریت سیلاب

یکی از طبقه بندی های ممکن مکانیزمهای پتانسیل شکست دایکهای حفاظت سیل (Flood protection dykes) به شرح ذیل می باشد:

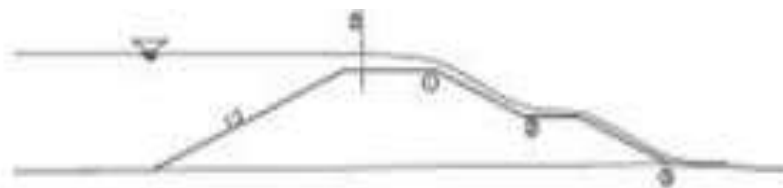
- سرریزی (Overtopping) سرریز شدن آب از روی یک سازه دفاعی ساحلی در اثر بالاروی موج سیلاب و اثر طوفان.
- شکست دایک (Dike Breach) به دنبال پدیده سیل بوقوع پیوسته : ریزش دامنه (Slope slide)، جوشش ماسه (Sand boiling)، سست شدگی یا نرم شدگی (Softening up)، تراوش (Seepage) و نظایر آن . در پدیده جوشش ماسه مشکل تراوش از بدنه دایک ناشی از بافت درشت خاک وجود دارد که موجب نشست دایک می گردد. یکی از روشهای جلوگیری از آن استفاده از یک هسته رسی یا صفحات فلزی می باشد.
- فرسایش کناره رودخانه ای. (River-side erosion)
- فرسایش ناشی از امواج (Wave erosion): شتشی تاج موج یا کناره رودخانه (River-side / crest wave wash)، سرریز (Overflow) .
- سایر شکست ها: مواد پراکنده کننده (Dispersive substances) ، فعالیتهای انسانی، خاک زیرین تورب (زغال سنگ نارس) {Peat subsoil}، روانگرایی خاک (Liquefaction) و نظایر آن.

روشهای مدیریت سیلاب

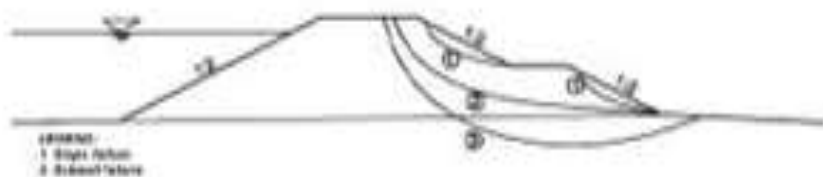
متداول ترین مکانیزمهای شکست دایک



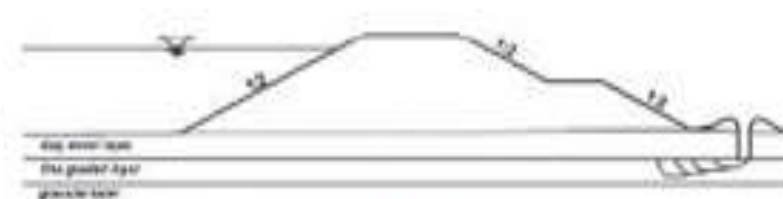
Wave erosion



Overtopping



Slope or subsoil failure



Sand boil



Leakage



Human activity

روشهای مدیریت سیلاب

معایب احداث دایکها: در بعضی از مناطق گران تمام می شود. موضوع دیگر بحث سرریز کردن آب از روی دایک است. آسیب پذیری دایکها زیاد است که این آسیب پذیری را بطرق مختلف می توان کاهش داد. به عنوان مثال، با سبز کردن (Green) دایکها با استفاده از گیاهان که با ایجاد پوشش مناسب بر روی دایکها، اگر ارتفاع آب تا ۳۰ سانتی متر از روی دایک عبور نماید، مشکلی ایجاد نمی کند. موضوع بعدی Overtopping است که اگر آب از روی سرریز دایک عبور کرده و در قسمت پایاب تخریب ایجاد می کند.

روشهای مدیریت سیلاب

در دایکها، در قسمت سرآب احتمال ریزش خاک و رانش زمین وجود دارد، بنابر این قسمت سرآب معمولاً پله مانند (Berm) ساخته می شود. چین از مناطق پر فرسایش جهان است که با احداث دایکها و با کمکهای مردمی و نهال کاری از ۲۰ سال پیش، مقدار فرسایش را به حداقل رسانده اند. برای این منظور، لایه به لایه خاک ریزی نموده و به اهالی گفته می شود دامهای خود را هر روز از روی این لایه ها عبور دهند. با عبور دام خاکها خیلی خوب کوبیده می شوند.

خاکریزی پله مانند دو طرف کانال (Berm)

روشهای مدیریت سیلاب

طراحی (ساخت) دایک ارزان قیمت است که بر روی قیمت اثر می گذارد. ارزان ترین قیمت را در نظر می گیرند و هرچه ارتفاع دایک بیشتر باشد، قیمت آن نیز افزایش می یابد. در طرح ساخت دایک ارتفاع کمتر ارزان تر تمام می شود. می توان در دایکها ارتفاع را بدست آورد که در مقایسه با سایر سازه ها ارزان تر تمام می شود.

سایر هزینه های خیلی اثرگذار، زمین اشغال شده است. باید بررسی کرد در زمین مورد نظر چه کشت می شده؟ در روستاها یا شهرهای بزرگ قیمت زمین خیلی بالاست و نمی توان عرض دایک را ۳۰ متر در نظر گرفت.

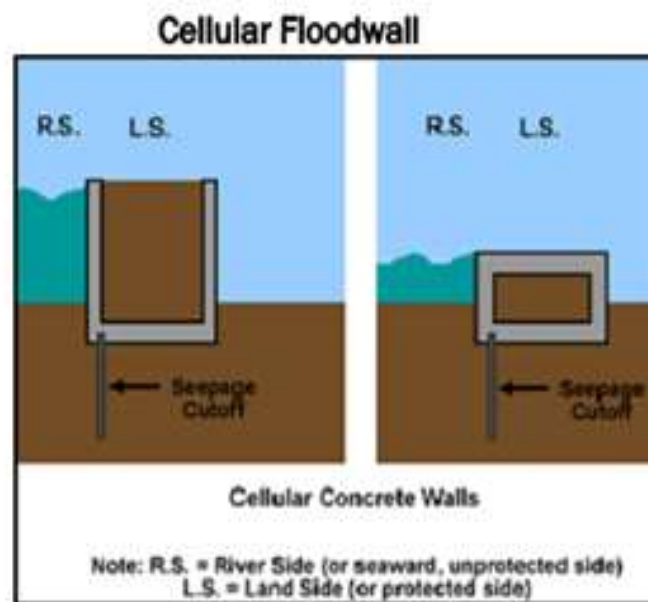
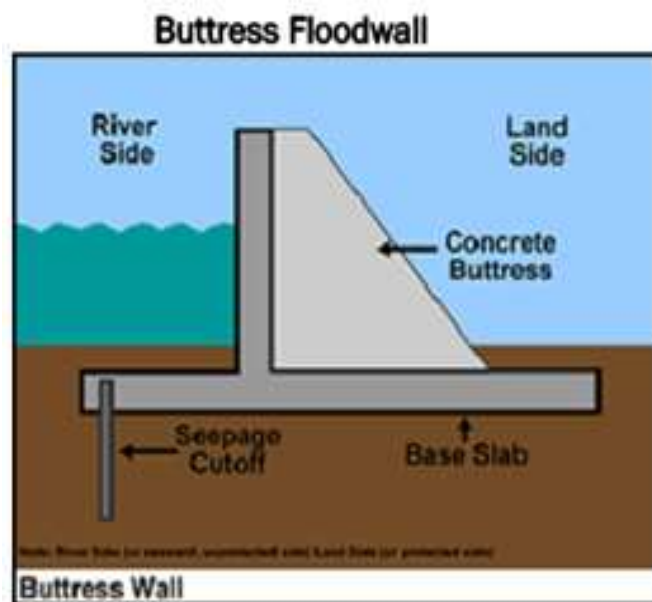
موضوع دیگر سازگاری با طبیعت یا بحث زیباشناسی است. در شهرهای بزرگ، ساختمانهای بزرگ و نبود فضای سبز موجب آزردهی روح می گردد. در دایکها بحث زیباشناسی خیلی مهم است، چون دایکها از خاک ساخته شده و هم رنگ با طبیعت است (استتار با طبیعت).

روشهای مدیریت سیلاب

در بسیاری از کشورها، غالباً مدیریت رودخانه های مستعد سیل به دقت صورت می گیرد. استحکاماتی نظیر خاکریزها (بندها: Levees)، مخازن و سرریزها (Weirs) به منظور پیش گیری از گسیختگی (از هم پاشیدن) سواحل رودخانه ها، سنگ ریزی و پوشش سنگریزه (سنگ لاشه یا توده محافظ سنگی: Riprap)، و خاکریزی پله مانند دو طرف کانال (Berm) استفاده می شوند. هنگامی که چنین استحکاماتی عاجز هستند، اقدامات اضطراری نظیر کیسه های شن (Sandbags) یا لوله های سبک قابل تورم مورد استفاده قرار می گیرند.

روشهای مدیریت سیلاب

سیل بندها (Flood walls) که عمدتاً دیواره های غیر خاکی می باشند که تحت تاثیر نیروی هیدروستاتیک، نیروی فشار تحتانی و نیروی فشار خاک هستند. سیل بندها ترجیحاً برای مکانهای با فضای محدود به صورت (Cantilever I-type steel piles)، (Cellular walls)، دیوارهای پشت بند دار (Buttress walls)، دیوارهای وزنی (Gravity walls) احداث می شوند.



روشهای مدیریت سیلاب

به منظور جلوگیری از نشت، سیل بندها بخوبی با دیواره های آب بند پی گذاری می شوند. مناطق پشت یک سیل بند یا دایک به منظور جلوگیری از جریان برگشتی می بایست توسط مجاری کار گذاشته شده با دریچه های یک طرفه خودکار (Automatic flap gates) یا دریچه های (سوپاپهای) با تنظیم دستی که در طی وقوع سیل بسته هستند و یا ترکیبی از این دو زهکشی گردند.

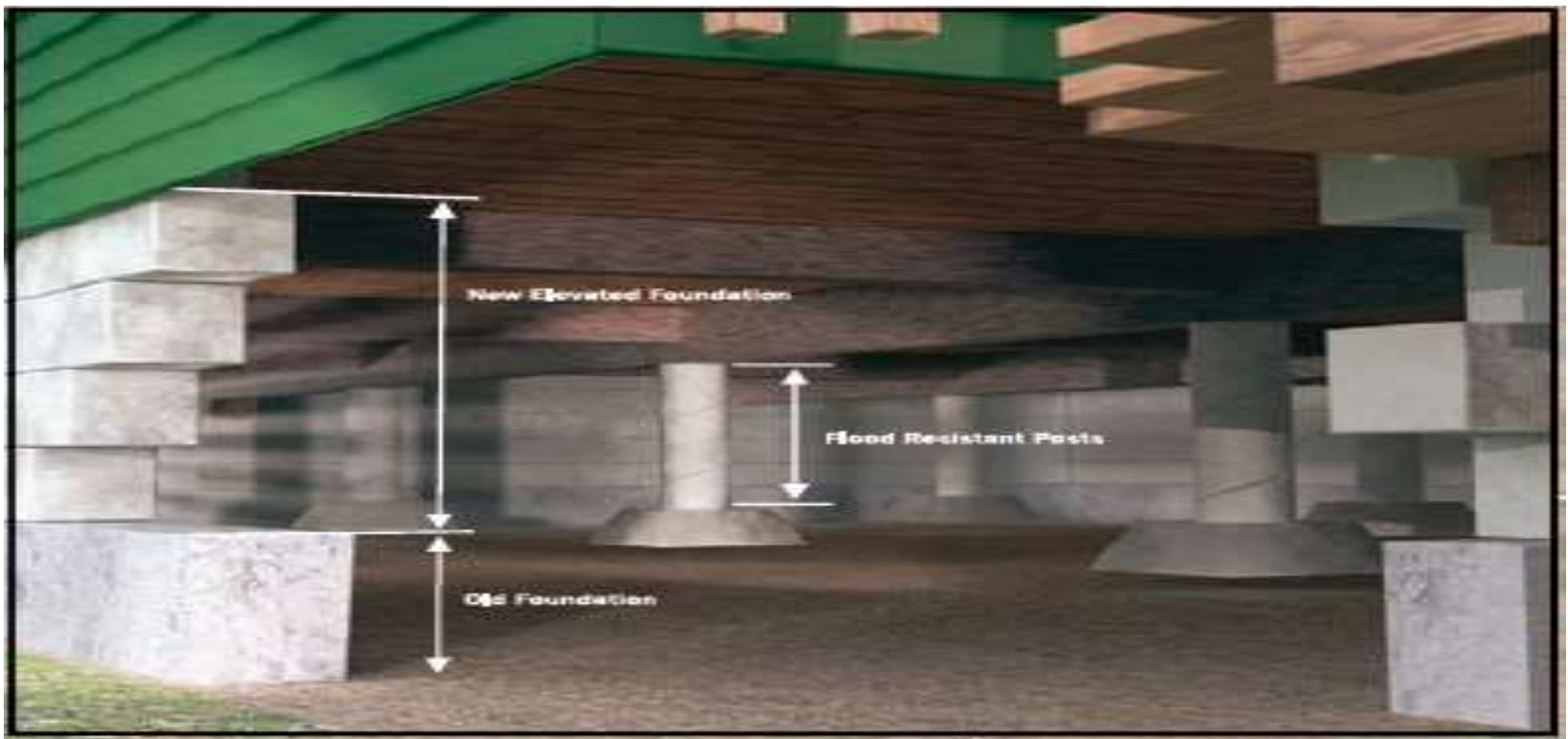
For buildings in the floodplain, there must be at least two openings with 1 sq. inch of opening per sq ft of enclosed area, and the bottom of those openings can be no higher than 1ft above the exterior finished grade.



Relocation: One of the most effective options is relocating your home on an area of your property that has its natural grade above the base flood elevation. This method may be costly, but can reduce or eliminate the need to pay flood insurance entirely. If you are preparing to build a new home or structure, evaluate your property to determine if there is a suitable building area outside of the floodplain.



Elevation: Elevating above the base flood elevation is the fastest way to reduce the cost of your annual flood insurance premium. You can save hundreds of dollars for every foot the elevated floor is located above your community's established base flood elevation. Elevating just one foot above the base flood elevation often results in a 30% reduction in annual premiums.



Elevation: If you locate any machinery or equipment that services your building (electrical, heating, ventilation, plumbing, and air conditioning equipment) below the base flood elevation, an additional surcharge will be added to your insurance premium causing your annual insurance rates to increase. If your house was elevated to a safer level, maximize your savings and reduce your losses by relocating your machinery and equipment above the base flood elevation.





Sluice gates

To be able to control the flow of water into the town, sluice gates will be installed . These will be used to regulate the flow of water into the town. In times of high floods, these sluices will be closed to prevent too much water from entering the river system where it goes through town. An operating manual with alarm levels will be provided to the Town Council at the end of the works to serve as a guideline when to open and close the sluices.

Sluice gates

