راهکارهای نوین آبخیزداری شهری در استحصال آب و مدیریت سیلاب‌های شهری

محمد اکرامی[۱]

۱*- دانشجوی دکتری آب دانشگاه هرمزگان، پژوهشگر مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد،
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران *Ekrami64@gmail.com*

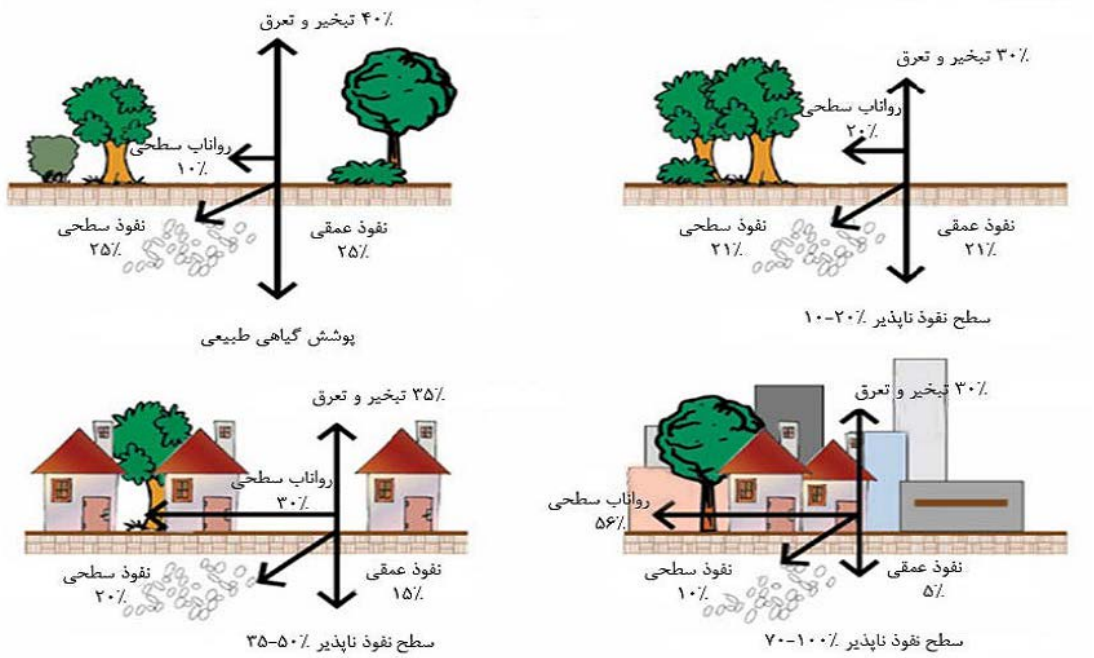
چکیده

امروزه با گسترش روند شهرسازی و تغییر در کاربری‌های طبیعی به محیط‌های مصنوعی و دست ساخت، محیط هائی با رفتارهای هیدرولوژیکی و هیدرولیکی متفاوت ایجاد گردیده، که به آبخیزهای شهری ششهرت یافته اند. آبخیزداری ششهری مقوله جدیدی از مدیریت آب است که با تلفیق و هماهنگی با معماری و مهندسی عمران شهری می‌تواند ضمن تامین آب، حفظ محیط زیست و ایجاد پایداری در توسعه، از بروز سیل در شهرها جلوگیری کند. آبخیزداری شهری راهکارهای بهره‌برداری و مدیریت پایدار از منابع آبخیز را در حوضه های شهری و روستایی و حریم آنها را در طبیعت به‌منظور بازسازی تخریب های طبیعت در اثر توسعه ششهری طراحی و تدوین می نماید. نگاه به سیلاب در حال حاضر در سطح جهان متفاوت از گذشته می‌باشد و فقط بحث کنترل و مقابله با سیلاب مطرح نیست بلکه کنترل، مدیریت و همزیستی با سیلاب مورد توجه قرار گرفته است. در این بین توجه به مقوله آبخیزداری ششهری و نقش آن در مدیریت یکپارچه سیلاب شهری حائز اهمیت می‌باشد به طوری که تلفیق روش‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای، استفاده از روش‌های نوین کنترل سیلاب و توجه به نقش فضای سبز شهری در مدیریت و کنترل سیلاب را می‌توان از نتتایج مثبت بککارگیری آبخیزداری شهری در مدیریت یکپارچه سیلاب شهری به شمار آورد. در زمینه آبخیزداری شهری راهکارهای مختلفی جهت کنترل مدیریت و مهار سیلاب وجود دارد که در این مقاله به برخی از آنها اشاره شده است. تجربیات جهانی نشان می‌دهد که یک راه حل مششخص و مطممئن برای مهار و کاهش خسارات سیلاب برای کلیه مناطق سیلگیر وجود ندارد و به تناسب محدودیت‌ها و امکانات مناطق مختللف ممی‌تتوان روش‌های متناسبی را مورد استفاده قرار داد.

کلمات کلیدی: استحصال آب، آبخیزداری شهری، مدیریت سیلاب، کنترل سیلاب.

مقدمه

تأثیر انسان و تخریب محیط زیست موجب تشدید اثرات عوامل طبیعی در هنگام وقوع سیل می‌شود .از عوامل اصلی جاری شدن سیل در شهرها بارش نزولات جوی با شدت بالا و به صورت طولانی مدت می‌باشد که در صورتی‌که اقدامات جدی جهت هدایت و انتقال سیلاب پیش‌بینی نشده باشد می‌تواند موجب آب گرفتگی و بروز صدمات جدی به تأسیسات شهری شود. بسترهای طبیعی بطور معمول توانایی جذب و انتقال مقدار قابل توجهی از رواناب‌های ایجاد شده را دارند اما در مناطقی که نفوذ پذیری خاک پایین و یا شرایط نیمه اشباع برقرار باشد، خاک توانایی جذب آب را نداشته و موجب افزایش رواناب در منطقه شده که با تداوم بارندگی موجب آب گرفتگی و وقوع سیلاب می‌شود. گسترش ساخت‌های مصنوعی و تخریب هر چه بیشتر بسترهای طبیعی موجب کاهش نفوذپذیری خاک در مناطق مسکونی و شهری شده است که این مسئله در ایجاد سیلاب نقش بسزایی ایجاد می‌کند (ملکی نژاد و اکرامی، ۱۳۸۹). آبخیزداری شهری مقوله جدیدی از مدیریت آب است که با تلفیق و هماهنگی با معماری و مهندسی عمران شهری می‌تواند ضمن تامین آب، حفظ محیط زیست و ایجاد پایداری در توسعه، از بروز سیل در شهرها جلوگیری کند . اما بطور کلی برای مدیریت سیل شناخت نوع سیل و دلایل بوجود آمدن آن از اهمیت بسزایی برخوردار می‌باشد .دلایل وقوع سیل را می‌توان به طور کلی به سه دسته کلی شامل عوامل جوی، عوامل زمین و عوامل انسانی طبقه‌بندی نمود. سیل یکی از رویدادهای طبیعی است که هر ساله موجب ببروز تلفات انسانی، دامی و خسارات به ساختمان‌ها، تأسیسات، باغات، کشتزارها و منابع طبیعی می‌شود. از انواع سیلاب‌ها می‌توان به سیلاب‌های منطقه‌ای، ناگهانی و سیلابهای ناشی از شکست سد اشاره نمود (وطن فدا، ۱۳۷۹). با توسعه عمرانی در اطراف کلان شهرها و ایجاد شهرک‌های جدیید، به دلیل ایجاد سطوح نفوذ ناپذیر و یا دارای نفوذ پذیری ناچیز، به میزان قابل تتوجهی بردرصد روان آب سطحی افزوده می‌شود. در طرح‌های توسعه عمرانی در اطراف کلان شهرها با تخریب اکوسیستم طبیعی و ایجاد سطوح آسفالته، و فشرده شده از تغذیه سفره آب زیرزمینی به شدت کاسته شده میشود و به یک پنجم طبیعی خود می‌رسدو میزان رواناب سطحی نیز ۵/۶ برابر افزایش می‌یابد(شکل ۱). توسعه شهری علاوه بر افزایش میزان دبی حداکثر سیلاب و زمان وقوع آن، معمولا زمان تتاخیر نییز ککاهش می‌یابد(دستورانی و همکاران، ۱۳۸۸).



شکل ۱- تاثیر توسعه عمرانی بر افزایش سطوح نفوذ ناپذیر و میزان افزایش سیلاب و کاهش تغذیه آب زیرزمینی(دستورانی و همکاران، ۱۳۸۸).

در شهرها برای کاهش میزان رواناب‌های سطحی که نتیجه آن جلوگیری از وققوع سیلاب و آبگرفتگی ممی‌باشد اقدام ببه توسعه مجموعه‌ای از هدایت کننده‌های آب سطحی از قبیل؛آبراهه‌های کنار خیابان، منهول‌ها، کانال‌های کوچک و کالورت‌ها شده است که ایین مجموعه رواناب را به کانال‌های اصلی، رودخانه‌ها و آبراهه‌های اصلی شهر هدایت می‌کند. یکی از دلایل اصلی آبگرفتگی و جاری شدن سیلاب در مناطق شهری عدم کارکرد مناسب هدایت کننده‌های آب‌های سطحی می‌باشد. بسیاری از هدایت کننده‌های آب‌های سطحی

در سطح شهرها به دلیل آسیب دیدن، تجمع زباله، مسدود شدن و به طور کلی عدم رسیدگی مناسب ظرفیت اولیه خود را جهت هدایت آب از دست می‌دهند که این امر موجب پس زدن آب، آب گرفتگی و جاری شدن سیلاب‌های محلی می‌شود به هممین دلیل در ششهرها عموماً در محله های با بافت شهری نامناسب و پر جمعیت احتمال وقوع آب گرفتگی و ایجاد سیلاب بیشتر می‌باشد. بطور کلی توسعه و گسترش شهرها بدون پیش بینی تمهیدات لازم جهت هدایت رواناب‌های سطحی به خصوص در مناطقی که میزان بارش ببالا ممی‌باششد می‌تواند موجب بروز مشکلات و ایجاد خسارات در زمان وقوع باران شود (رازدار و همکاران، ۱۳۸۹). تحقیقات زیبادی در زمینه روش-های کاهش خسارت سیلاب شهری صورت گرفته است که برخی از آنها در این مقاله به اختصار معرففی ششده‌انند (Lutz & Fernandez,2010) برای بررسی خطر سیلاب شهری در یکی از شهرهای آرژانتین با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره، مدلی پیشنهاد کردند که چهار پارامتر شامل فاصله زهکش‌ها از یکدیگر، توپوگرافی، سطح ایستابی و کاربری اراضی مناطق شهری را در نظر می‌گیرد. شکوهی و دانشور (۱۳۸۶) با بررسی تاثیر احداث مخازن تاخیری در حوضه‌های آبرییز ششهری ببه ایین نتیجه رسیدند که کنترل سیلاب در حوضه‌های آبریز منتهی به شهر در مقابل گزینه‌های کنترل سیل در محدوده ششهری و عملییات مهندسی رودخانه، چه به لحاظ اقتصادی و چه به لحاظ امنیت روانی از اولویت ویژه‌ای برخوردار است. (غواصیه،۱۳۸۵) معتقد است امروزه تحلییل آسیب‌پذیری دشت سیلابی، تشخیص اولویت آسیب‌پذیری و تقویت اجزای آسیب‌پذیر با بسیج مشارکت عمومی در مقابلله ببا مششکلات وقوع سیل و آبگرفتگی در محافل اجرایی مورد توجه قرار گرفته است. در کشور فرانسه تجربه نششان داده است ککه انججام طططرح‌های ساماندهی رودخانه نظیر زدودن موانع، عریض کردن رودخانه در محل پل‌ها، اصلاح شیب دیوارها و یا حتی اجرای خاکریزهای کم ارتفاع که وقوع سیلاب در دشت را به اتفاقی نادر تبدیل نکند همراه با انجام عملیات کاهش خسارات، بر اساس مطالعات آسیب‌پیذیری موججب ایجاد فرهنگ همزیستی سیلاب شده، و خسارات شدید و ناگهانی سیلاب‌های مخرب را به صورت موثری کاهش می‌دهد (حیدری،۱۳۷۹). با توجه به کاهش راندمان بهره‌برداری مخازن به علت پتانسیل سیل‌خیزی حوزه‌های آبریز و همچنین افزایش هزینه‌های احداث سیستم-های تخلیه اضطراری آنها بخصوص درحوزه‌های درحال توسعه، ایجاد سیستم‌های پیش‌بینی و کنترل زمان واقعی سیل به عنوان یککی از شاخص‌ترین راهکارهای عملی در این زمینه جهت کاهش خسارات و هزینه‌ها اجتناب ناپذیر شده است. اکنون در بسیار از کششورهای ثروتمند غربی و ژاپن، کارشناسان سیلاب اعتقاد دارند که ترکیب روش‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای، راه حل بهیننه ببرای حداقل نممودن خسارات سیلاب است .در عین حال ترکیب روش‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای کم هزینه‌تر از ککاربرد ببه تنهایی روش‌های سازه‌ای ممی-باشد(خدایی و همکاران، ۱۳۸۹).با توجه به آنچه در مورد کنترل وکاهش خسارات سیل اشاره شد، می توان به این نتیجه رسید که نگاه به سیلاب باید از حالت کنترلی به مدیریتی (کنترل سیلاب بعلاوه استفاده از آب وتبدیل رواناب به فرصت) و در نهاییت، هماهنگی ببا سیلاب و استفاده از فضای سبز شهری ، تغییر پیدا کند . همچنین تلفیق روش‌های سازه ای و غیر سازه ای در کنترل سیلاب و توجه به استراتژی مدیریت یکپارچۀ آب حائز اهمیت می‌باشد. لذا توجه به آبخیزداری شهری جهت دستیابی به اهداف فوق امری ضروی ممی باشد.

روش تحقیق

نگرش کنترل سیلاب شهری در گذشته به گونه‌ای بود که باید سیلاب در کوتاهترین زمان به خارج از ششهر هدایت ششود و حججم عظیمی از آب بدون استفاده از دسترس بشر خارج می‌شد به طوری که به علت گل و لایی بودن سیلاب، حجم کمی از آن صرف نفوذ و تغذیه به سفره آب زیرزمینی و حجم زیادی از آن با تبخیر از دسترس خارج می‌شد، اما اکنون نگاه به سیلاب در سطح جههان متففاوت از گذشته می‌باشد و فقط بحث کنترل و مقابله با سیلاب مطرح نیست بلکه کنترل، مدیریت و همزیستی با سیلاب ممورد توججه ققرار گرفته است. در این بین توجه به مقوله آبخیزداری شهری و نقش آن در مدیریت یکپارچه سیلاب ششهری حائز اهمییت ممی‌باششد ببه طوری که تلفیق روش‌های سازه‌ای وغیر سازه‌ای، استفاده از روش‌های نوین کنترل سیلاب و توجه ببه نققش فضای سبز ششهری در مدیریت و کنترل سیلاب را می‌توان از نتایج مثبت به کارگیری آبخیزداری شهری در مدیریت یکپارچه سیلاب ششهری ببه ششمار آورد. تجربیات جهانی نشان می‌دهد که در هر منطقه به تناسب وضعیت اقلیمی، توپوگرافی، امکانات، معماری و حتی مسائل فرهنگی و اجتماعی و دانش بومی می توان راه حل‌های مشخصی را برای مهار و کاهش خسارات سیلاب پیشنهاد نمود. در تحقییق حاضر ککه ببه روش مروری انجام گردیده، سعی شده است تا راه کارهای نوین مدیریت و کنترل سیلاب های ششهری در سطح مللی و جههانی ببرای مدیران آب کشور معرفی و ترویج گردد.

راه‌کارهای مدیریت و کنترل سیلاب‌های شهری

در زمینه آبخیزداری شهری راهکارهای مختلفی جهت کنترل و مدیریت سیلاب وجود دارد که در زیر به برخی از آنها اشاره شده است.

۱- ذخیره سازی آب پشت بام‌ها

از آنجایی که سطح وسیعی از مساحت شهر متعلق به فضای اشغال شده توسط پشت بام ها، غیرقابل نفوذ ممی باشند، ممی‌تتوان آب حاصل در زمان وقوع باران را به منظور استفاده دوباره ذخیره سازی و بعداً به منظور آبیاری فضاهای سبز از آن استفاده نمود، ایین‌ککار دارای چندین مزیت است اولاًصرفه جویی در مصرف آب وثانیاً جلوگیری از ورود حجم زیادی از آب به سیستم جمع آوری سیلاب شهری (که اکثراً در زمان وقوع چنین باران‌هایی کارایی لازم را ندارند) و عملاً جلوگیری از آب گرفتی معابر و مناطق پپایین دست ممی باشند. چنین به نظر می‌رسد که سیستم ذخیره‌سازی در مناطق خشک و فرا خشک که چند بار در سال بیشتر از نزولات آسمانی بهره‌مند نیستند صرفه اقتصادی لازم را نداشته باشد در این گونه موارد می‌توان خروجی لوله فاضلاب پشت بام را به جای رها کردن در جوی کنار خانه، به طور مناسبی به باغچه‌های درون حیاط منزل و یا جلوی خانه هدایت نمود.

۲- استفاده از کف پوش‌ها و پیاده‌روهای نفوذ پذیر

سیستم های پیاده رو نفوذ پذیر نه تنها به عنوان یک راه حل برای سیستم‌های زهکشی پایدار است، بلکه به عنوان ییک تکنوللوژی برای کنترل آلایندهای مربوط به رواناب سطحی که از مناطق مورد استفاده به عنوان جاده‌ها و یا فضاهای پارکینگ، که در آنجا ممکن است آب آلوده در خاک نفوذ کند، به کار می‌روند. مجموعه گوناگونی از مواد فرش کننده شامل آسفالت متخلخل، سطوح مفروش شبکه-ای (که بین هر قطعه شبکه، فضایی خالی که با شن و ماسه و یا پوشش گیاهی پر می‌شود) وجود دارد و بتون قابل نفوذ می‌شوند. آسفالت متخلخل و بتون قابل نفوذ مخلوطی توده ای و شیب‌بندی شده است که در آن منافذ مرتبط یا فضای خالی افزایش یافتته، ببه آب اجازه می‌دهد تا از خلال سطح مفروشی نفوذ کند. سطوح مفروش متخلخل برای استفاده هایی نظیر جاده‌های با حجم ترافیکی کم، مسیرهای اتومبیل رو، محوطه‌های پارکینگ، جاده‌های دوچرخه سواری مناسب می‌باشد .سنگفرش متخلخل باید فقط در جاهایی ببه ککار رود ککه شرایط خاک زیر سطحی نفوذ پذیری مناسبی را تامین نماید و عمق آب زیرزمینی مسئله ای ایجاد نکند (امانی و لقایی، ۱۳۸۹). استفاده از کف پوش قابل نفوذ دارای مزایایی همچون: ضعیف کردن جریان سیلاب، کاهش آللودگی آن، افزایش آب نفوذی و افزایش آب‌های زیرزمینی می باشد(شیروی، ۱۳۸۹).

شکل۲- نمایی ازپیاده روهای نفوذ پذیر

۳- سامانه‌های زیست بازدارنده [1]

سامانه‌های زیست بازدارنده یکی از راهکارهای جدید، جهت مدیریت و همزیستی با سیلاب می‌باشد. این سیستم شامل سطح خاکی است که توسط گیاهان غیر هجومی (گیاهانی که دارای ریشه‌های عمیق نباشد) پوشیده شده باشد. که سیلاب وارد آن شده و توسط این سیستم در لایه‌های زیرین پالایش شده که یا وارد سیستم لوله‌کشی در زیر شده و یا به لایه‌های زیرین و آب زیرزمینی نفوذ می‌کنند.

[1]- Bioretention system

ریشه‌های گیاهان اجازه می‌دهد آب بیشتری در واحد زمان به لایه های زیرین نفوذ کند و از ایجاد سیلاب‌های سهمگین جللوگیری ممی-نماید (شیروی، ۱۳۸۹).

۴- طراحی فضای سبز پایین تر از سطوح غیر قابل نفوذ

در فضای شهری سطح خیابانها تقریباً ۲۰تا ۲۵ درصد سطوح غیر قابل نفوذ منطقه شهری را تشکیل می‌دهد، لذا این سطوح منبع عظیمی از سیلاب‌های روان در سطح شهر را تشکیل می‌دهدو فقط به انباشته شدن سیلاب کمک می‌کند. به منظور اجرای این سیستم در معابر لازم است که سیلاب را به نوعی ازسیستم پالایشی انتقال دهیم. از جمله آن‌که درختکاری‌های وسط خیابان، بلوارها و فضای سبز کنار خیابان پایین‌تر از سطح جاده ساخته شوند(شیروی، ۱۳۸۹).

شکل ۳- طراحی فضای سبز پایین تر از سطوح غیر قابل نفوذ(**Culvert** در این تصویر نقش انتقال آب از زیر جاده را بعهده دارد)

۵- استفاده از فضاهای باز به منظور نفوذ هرزآبها

فضاهای باز شامل پارک‌ها و دیگر فضاهای سبز یا زمین‌های بایر به عنوان منابع خوبی برای وارد نمودن سیلاب یک منطقه خاص ببه آن‌ها مطرح هستند و تنها با تغییرات کوچک هندسی در خیابان‌ها و محله‌ها می توان سطح نفوذپذیر منطققه را افزایش داد(ششیروی، ۱۳۸۹). ذخیره سازی آب در دشت‌های آبرفتی و مخروط افکنه‌ها ازطریق تغذیه مصنوعی با استفاده از پخش سیلاب گامی مؤثر در جهت استفاده بهینه از نزولات جوی برای جبران افت ناشی از بهره‌برداری منابع آب زیرزمینی و جلوگیری از خسارت سیل در پایین دست می-باشد(جلوخانی و همکاران، ۱۳۸۹). از آنجا که وجود فضا در شهر ها بسیار محدود است ، بایستی از راهکارهایی استفاده ککرد ککه ببه فضای کمتری نیاز دارند و نفوذ موثر را امکان پذیر می سازند این قبیل راهکارها عبارتند از : خندق های نفوذ آب ،چاههای آبکش و روشهایی که نفوذپذیری سطوح بزرگتر را افزایش می دهند(Ivan,2001).

۶- احداث مخازن تجمع سیلاب

استفاده از انواع مخازن تجمع سیلاب که جهت کاهش پیک سیلاب و انتقال رسوبات، افزایش کیفیت آب خروجی، حذف آلاینده‌ها همچنین زیبا سازی شهر نقش موثری دارند. در کنار آن استفاده از سیلاب‌روهای کمکی و انحراف مسیر جریان نیز می‌تواند مفید باشد. از طرف دیگر بهره‌گیری از گودال‌ها و ترانشه‌های نفوذ در افزایش نفوذپذیری سطوح وکاهش ضریب رواناب می‌تواند اثر بخش باشند (بیننا و یزدانپرست، ۱۳۸۹). بکار بردن چنین تکنیک‌هایی بسیار مفید هستند، چراکه آنها قادرند بطور مشخصی رواناب سطحی را کاهش دهند و یا حتی حذف نمایند در حالی‌که آب‌های زیرزمینی را تغذیه می‌نمایند و آب زیرزمینی نیز آب چاه‌ها، جویبارها یا تالاب‌ها را تامین می-کند. هدف ازایجاد این آبگیرها ، ذخیره‌ی رواناب حاصل از رگباری با فراوانی وقوع و مدت زمان ویژه و یا حجم موقتی به خصوصی است، به طوری‌که آب در خلال یک دوره ی معین بدرون خاک وارد گردد.

از این رو مخازن (Ponds) بصورت طبیعی یا مصنوعی برای نگهداشت آب در زمان‌های بارندگی به‌منظور تعدیل دبی اوج سیلاب و مهیا کردن امکان واریز واداری به آبخوان های زیر زمینی، احداث میگردند (شکل ۴).

شکل (۴)- احداث مخازن (**Ponds**) بصورت طبیعی یا مصنوعی برای نگهداشت آب

۷- اجرای عملیات آبخیزداری

بهره‌گیری از طرح‌های آبخیزداری در حوضه‌های بالادست، در کاهش‌اوج سیلاب، تغذیه آبخوان‌ها و کاهش رسوبات اثثر فراوانی دارد (بینا و یزدانپرست، ۱۳۸۹). سازه های کنترل مواد واریزه‌ای به منظور جلوگیری از ورود سنگ، درخت و سایر پوشش های گیاهی و مواد واریزهای به پایین دست، کاهش دبی پیک سیلاب و ذخیره حجمی از سیلاب و نهایتاً افزایش زمان تمرکز جریان سیلابی احداث می‌شوند و از نظر ابعاد و جنس مواد مورد استفاده متغیر می‌باشند. نتایج نشان می دهد که به طور کلی این سازه ها علاوه ببر ککاهش دبی پیک هیدروگراف سیلاب و افزایش زمان تمرکز باعث انباشت رسوب در مخزن خود می‌گردند که این امر ضمن جلوگیری از حمل رسوب به قسمت‌های پائین دست باعث اصلاح و کم کردن شیب آبراهه‌ها شده که این امر در نهایت باعث کاهش قدرت سیل‌های بعدی خواهد شد. احداث این سازه ها اهداف جنبی دیگری همچون تغذیه سفره‌های زیرزمینی، ایجاد بستری مناسب برای تولیید و رشد گوننه های درختی، تثبیت دیواره‌های آبراهه‌ها و کاهش فرسایش خاک را به دنبال خواهد داشت. اما حجم بالای رسوب در این ناحییه می‌توانند در دراز مدت حجم مفید این سازه‌ها را کم کرده و باعث کاهش راندمان این سازه‌ها گردد. لذا پیش‌بینی می‌شود که استفاده از روش‌های غیر سازه‌ای که توانایی کاهش آورد بار رسوبی را داشته باشد بتواند باعث افزایش راندمان این سازه‌ها در دراز مدت گردد (مغربی و همکاران، ۱۳۸۹).

یکی از تکنیک های آبخیزداری به منظور افزایش نفوذپذیری، روش ایجاد سطوح نفوذپذیر می باشد، هدف از ایین روش، افزایش نفوذ و ذخیره آب در خاک به منظور استفاده آن توسط پوشش گیاهی و نیز تقویت سفره آب زیرزمینی و جلوگیری از وقوع هرزآبهای کنترل نشده که منجر به خسارت سیل می شود است. تثبیت بیولوژیکی اراضی حساس به فرسایش و تاثیر عملییات حفظاظتی تتوام ببا پوشش گیاهی بر روند فرسایش و رسوب تاثیر می گذارد این عملیات شامل موارد زیر است(جعفریان وهمکاران، ۱۳۹۶)؛

- پیتینگ(**Pitting**)
- فاروئینگ(**Contour Furrowing**)
- ریپرینگ(**Ripping**)
- چیزلینگ(**Chiseling**)
- بانکت(**Contour Trenching**)
- تراس بندی یا سکوبندی (**Terracing**)

شکل۵- تکنیک های آبخیزداری در ایجاد سطوح نفوذپذیر

۸-پشت بام سبز

با توجه به افزایش جمعیت درکلان شهرها وتقاضای روز افزون مردم جهت ساخت وساز مسکن ، همچنین جهت استفاده حداکثر از زمین به منظور افزایش زیربنای ساختمان‌ها، توجه کمتری به اهمیت فضای سبز شهری شده است- لذا برای افزایش سرانه فضای سبز شهری وکاهش آلودگی هوای شهرهای بزرگ وپرترافیک، می توان از تکنیک پشت بام سبز در مکان هایی ککه از لحاظ شرایط جوی واقلیمی مساعد می باشد،استفاده نمود. با اجرای چنین تکنیکهایی علاوه بر کنترل و مدیریت هرزآبهای ناشی از سطوح نفوذ ناپذیر پشت بامها ، میتوان در جهت کاهش آلودگی وپاکسازی هوا گام موثری برداشت.

شکل۶- بازیافت رواناب های سطحی ازمبداء با نگرش مدیریت ریسک (داشتن شهر و پشت بام های سبز)

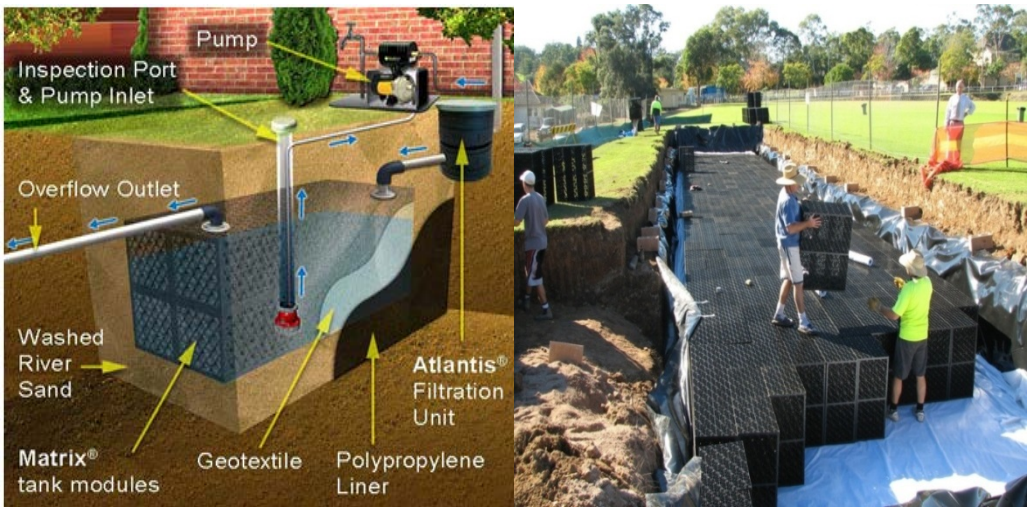
۹- طراحی مناسب ساختمان های مجاور حریم رودخانه ها

در شهرهایی که به علت توسعه نامناسب و پراکنش غیر اصولی مراکز مسکونی ،تجاری و صنعتی، تغییرات قابل توجهی در شبکه زهکشی طبیعی آن شهرها ایجاد شده است. این توسعه نامناسب باعث مسدود شدن آبراهه ها و مسیل‌های اصلی و فرعی آن در شهرها شده است. حتی با وقوع سیلابهایی با دوره بازگشت کوتاه مدت نیز برخی مناطق شهری دچار آب گرفتگی معابر و مختل شدن زندگی شهروندان می شود. در گونه موارد می‌توان به منظور اصلاح و آزاد سازی حریم رودخانه ها و مسیلها، ساختمان‌هایی که در حریم رودخانه‌ها و مسیل‌ها قرار دارند، حتی‌الامکان به گونه‌ای طراحی شوند که اولاً دارای اسکلت بندی مقاوم باشد (بتن آرمه) ، ثانیاً ساختمان‌هایی بدون زیرزمین و طبقه همکف آن به عنوان پارکینگ ، بدون دیوارهای جداکننده باشد تا در مواقع بالا آمدن آب رودخانه ها و مسیل‌ها ، جریان سیلابی به راحتی بتواند از زیر ساختمان‌هایی که در طول مسیل یا در حریم رودخانه قرار دارند عبور کند و خسارات سیل را به حداقل ممکن کاهش دهد (ملکی نژاد و اکرامی، ۱۳۸۹).

شکل ۷- طراحی مناسب ساختمانهایی که در حریم رودخانه‌ها قرار دارند

۱۰- مکانیسم استفاده مجدد از رواناب های سطحی

در این روش ، با گود برداری زمین وعایق کردن کف و دیواره آن با نایلون و قرار دادن جعبه های مشبک در زیر زمین ، در واقع حجم زیادی از فضای خالی(حجم زنده) در زیر زمین تعبیه می شود. باقرار دادن لایه ای از ژئوتکستایل برروی آن و ریختن خاکهایی با بافت سبک روی آن و در برخی از موارد کاشتن گیاهانی با ریشه های سطحی، این امکان فراهم می شود تا رواناب ها و هرزآبهای سطحی درون زمین نفوذ کند و با پرشدن جعبه های مشبک از آب، در مواقع نیاز از آنها استفاده نمود. هدف از احداث کانال های اکولوژیک به منظور تغذیه واداری، تعدیل دبی اوج سیلاب و ذخیره سازی آب برای مصارف مختلف و استفاده مجدد از روانناب ههای سطحی وهرزآب ها می باشد.



شکل۸- روش تلفیقی واریز واداری ، ذخیره سازی و استفاده مجدد از رواناب های سطحی(آتلانتیس استرالیا)

۱۱- بازیافت آب فاضلاب خانگی

چرا باید منابع آبی با کیفیت خوب برای مصارف غیر شرب و بهداشتی اختصاص یابد. در حالی که به سهولت میتتوان از آبهای با کیفیت پایین و بازیافتی و غیر متعارف برای این مصارف بهره گرفت. این مطلب بیانیه شورای اجتماعی و اقتصادی سازمان ملل در سال ۱۹۵۸ است در اواخر قرن بیستم این ایده قوت گرفت که تصفیه فاضلابهای شهری و صنعتی باید بتواند آب بازیافتی با چنان کیفییت تولید نماید که نه تنها دور ریخته نشود، بلکه مصارف مطلوبی برای آن قابل پیش بینی باشد. این الزام علاوه بر غلبه بر شرایط کم آبی و جلوگیری از صرف هزینه‌های بسیار بالای توسعه منابع جدید آبی و حفاظت محیط زیست، انگیزه استفاده از پساب فاضلاب در بسیاری از نقاط دنیا را بوجود آورد. فاضلابهای تصفیه شده یا آبهای بازیافتی عملا منابع آبی هستند ککه ببه راحتتی و ببدون صرف هزینه‌های زیاد در دسترس جوامع قرار دارد. همچنین از آنجا که تولید فاضلاب کمتر تحت تاثیر خشکسالی میباشد، بنابر ایین میتتوان

پساب حاصل از فاضلاب تصفیه شده را به عنوان یک منبع آب پایدارحتی در مواقع خشکسالی بحساب آورد. فاضلاب شهری عمدتا شامل فاضلابهای خانگی است و از فاضلابهای سرویسهای بهداشتی منازل مثل توالتها، دستشویی ها، حمامها، آشپزخانه ها و غیره تشکیل شده است. خواص این فاضلاب ها در سطح یک کشور تقریبا مشابه بوده، تنها غلظت آنها بسته به مقدار مصرف سرانه آب در شهرها تغییر می‌کند. علاوه بر این پساب ها، فاضلاب بدست آمده از مغازه ها، فروشگاهها، تعمیرگاهها، کارگاهها، رستورانها و سیلابهای شهری نیز وارد شبکه فاضلاب شهری می‌شوند و مقادیر زیادی از آب بها کیفییت بیشتر از دسترس خارج می‌شود. نظر به اینکه فاضلاب‌های شهری آلودگیهای فراوانی دارد، امروزه کلر متداولترین ماده گندزدایی پساب است که ببدلیل ایجاد مشکلات خاص در تماس مستقیم با انسان نگرانی‌های زیادی را ایجاد کرده است. بنابراین بمنظور استفاده بهتر از پساب ها و استفاده کمتر از کلر، باید اقدام به بازیافت فاضلاب‌های خانگی در خود منازل نمود. در این روش باید پساب توالت از طریق لوله کشی از منازل به خارج از شهر منتقل و مدفون شود. آب روشویی، حمام، آشپزخانه، لباسشویی و ظرفشویی به مخازن و آب انبارهای احداثی هدایت و پس از تصفیه زائدات و ته نشین شدن مواد شوینده به مخازن یا آب انبارهای مجاور سرریز شود و با گندزدایی توسط کلر، پس از تصعید کلر مورد استفاده در سیفونهای توالت، فضای سبز و شستشوی منازل و محوط های مجتمع‌های مسکونی مورد استفاده قرار داد. البته در بعضی مناطق که میزان بارندگی کمتر است، میتوان فاضلاب خانگی بازیافت شده را با آب جمع آوری شده از پشت بام ها در یک مخزن ذخیره کرد(سید حسینی، ۱۳۹۳)

بحث و نتیجه‌گیری

بسترهای طبیعی بطور معمول توانایی جذب و انتقال مقدار قابل توجهی از رواناب‌های ایجاد شده را دارند اما در مناطقی که نفوذ پذیری خاک پایین و یا شرایط نیمه اشباع برقرار باشد، خاک توانایی جذب آب را نداشته و موجب افزایش رواناب در منطقه شده که با تداوم بارندگی موجب آب گرفتگی و وقوع سیلاب می‌شود. گسترش ساخت‌های مصنوعی و تخریب هر چه بیشتر بسترهای طبیعی موجب کاهش نفوذپذیری خاک در مناطق مسکونی و شهری شده است که این مسئله در ایجاد سیلاب نقش بسزایی ایجاد می‌کنند. از تحقیقات صورت گرفته چنین برمی‌آید که در خیابان‌ها و معابر باید از آسفالت‌های متخلخل و کف‌پوش‌های نفوذپذیر استفاده شود تا مانع از آبگرفتگی و تجمع آب در این محدوده‌ها شود. تکنیک های نفوذ بسیار مفید هستند چراکه آنها قادرند بطور مشخصی رواناب سطحی را کاهش دهند و یا حتی حذف نمایند در حالی‌که آب‌های زیرزمینی را تغذیه می‌نمایند و آب زیرزمینی نیز آب چاه‌ها، جویبارها یا تالاب‌ها را تامین می‌کند. ذخیره سازی آب در دشت‌های آبرفتی و مخروط افکنه‌ها ازطریق تغذیه مصنوعی با استفاده از پخش سیلاب گامی مؤثر در جهت استفاده بهینه از نزولات جوی برای جبران افت ناشی از بهره‌برداری منابع آب زیرزمینی و جلوگیری از خسارت سیل در پایین دست می‌باشد. فضاهای باز شامل پارک‌ها و دیگر فضاهای سبز یا زمین‌های بایر به عنوان منابع خوبی برای وارد نمودن سیلاب یک منطقه خاص به آن‌جا مطرح هستند و تنها با تغییرات کوچک هندسی در خیابان‌ها و محله‌ها می توان سطح نفوذپذیر منطقه را افزایش داد. تجربیات جهانی نشان می‌دهد که یک راه حل مشخص و مطمئن برای مهار و کاهش خسارات سیلاب ببرای کلیه مناطق سیلگیر وجود ندارد و به تناسب محدودیت‌ها و امکانات مناطق مختلف می‌توان روش‌های متناسبی را مورد استفاده قرار داد. به طور کلی و همان گونه که حیات موجودات زنده را تضمین می کند، موجب پایداری معماری و عمران شهری ممی شود، و ببالعکس آللودگی آب باعث فرسودگی و تخریب زیر ساختهای آن خواهد شد. امروزه با گسترش روند شهرسازی و تغییر در کاربری‌های طبیعی به محیط‌های مصنوعی و دست ساخت، شاهد ایجاد محیط هائی با رفتارهای هیدرولوژیکی و هیدرولیکی متفاوت می‌باشیم که به آبخیزهای شهری شهرت یافته اند. آبخیزداری شهری راهکارهای بهره‌برداری و مدیریت پایدار از منابع آبخیز را در حوضه های شهری و روستایی و حریم آنها را در طبیعت بمنظور بازسازی تخریب های طبیعت در اثر توسعه شهری طراحی و تدوین می نماید. لذا، آبخیزداری شهری مقوله جدیدی از مدیریت آب است که با تلفیق و هماهنگی با معماری و مهندسی عمران شهری می‌توانند ضمن تتامین آب، حفظ محیط زیست و ایجاد پایداری در توسعه، از بروز سیل در شهرها جلوگیری کند.

منابع

– امانی، مینا ، لقایی، حسنعلی. ۱۳۸۹. شهرهای بی دفاع ایران در برابر سیلاب(شاخص ها و معیارهای سیل پذیری و راهکارهای

کاستن از آن در رود – دره های تهران)

- بینا، محمود، یزدانپرست، سجاد. ۱۳۸۹. روشهای نوین جهت کنترل سیلاب و رسوب در مجاری سیلاب شهری(مطالعه موردی شهر مسجد سلیمان)، کنفرانس ملی مدیریت سیلا ب‌های شهری تهران
- جعفریان، زینب. میرجلیلی، علی بمان. ۱۳۹۶. اثر کنتور فارو و پیتینگ در افزایش پوشش گیاهی مراتع(منطقه بلبل استان یزد). مجله اکولوژی. دوره ۴- شماره ۲- تابستان ۹۶.
- جلوخانی، حسین، عبدالصالحی، سیده الهام، حق طلب، مصطفی. ۱۳۸۹. ارائه راهکارها و پیشنهاداتی به منظور کاهش خطرات سیلاب (مطالعه موردی رودخانه حرم آباد) ،کنفرانس ملی مدیریت سیلا ب‌های شهری تهران
- حیدری، علی..۱۳۷۹. سیستم‌های پیش بینی و هشدار سیل، کارگاه فنی روش‌های غیرسازه‌ای مدیریت سیلاب.
- خدایی، کریم، صمدی ،امیر، امیری تکلدانی ،ابراهیم، سبعه، غلامعلی. ۱۳۷۹. لزوم تعیین حریم رودخانه‌های درون شهری برای کاهش خسارات وقوع سیل، کنفرانس ملی مدیریت سیلا ب‌های شهری تهران
- دستورانی، محمد تقی، طالبی، علی، دهقانی هادی. ۱۳۸۸. آبخیزداری شهری و نقش آن در پایداری و جامعیت طرح‌های توسعه شهری. چهارمین کنفرانس آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک کرمان
- رازدار، بابک، قویدل، آریامن، ذوقی، محمد جواد، پیروز، بهروز.۱۳۸۹. آثار و دلایل وقوع سیلاب های شهری، کنفرانس ملی مدیریت سیلاب‌های شهری تهران
- سیدحسینی، سید حسین، سید حسینی، اکرم السادات.۱۳۹۳. آبخیزداری شهری ضامن پایداری معماری و مهندسی شهری در کشورهای اسلامی با تأکید بر ایران در ۵ رویکرد زیربنایی. کنگره بین المللی پایداری درمعماری و شهرسازی-شهر مصدر دوبی.
- شکوهی، علیرضا، دانشور، شهاب. ۱۳۸۶. بررسی تاثیر احداث مخازن تاخیری در حوضه‌های آبریز در مقایسه با عملیات موضعی مهندسی رودخانه برای کنترل سیل در محدوده شهر، نشریه تحقیقات منابع آب ایران، سال سوم، شماره۱، ۸۰ -۸۳
- شیروی، سجاد. ۱۳۸۹. WSUD و گنجایش سیستم‌های مدیریت پایدار سیلاب در شهرهای فاقد آن، کنفرانس ملی مدیریت سیلاب-های شهری تهران
- غواصیه، احمدرضا.۱۳۸۵. کاهش خسارات سیل با تحلیل آسیب پذیری، کارگاه فنی همزیستی با سیلاب، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.
- مغربی، محسن، مشکی کاخکی، ملیحه، قزل سوفلو، عبا سعلی، علیزاده، سعید. ۱۳۸۹. سازه‌های کنترل سیل و رسوب و نقش آن در کاهش سیلاب شهری (مطالعه موردی شهر گالیکش)، کنفرانس ملی مدیریت سیلا ب‌های شهری تهران
- منتظر، علی اصغر.۱۳۷۹. رهیافت مشارکت در مدیریت یکپارچه و هماهنگ حوضه آبخیز، کارگاه فنی روش‌های غیرسازه‌ای مدیریت سیلاب
- ملکی نژاد،حسین، اکرامی،محمد۱۳۸۹. بررسی جنبه های مختلف هیدرولوژی شهری و غیرشهری، کنفرانس ملی مدیریت سیلا ب-های شهری تهران
- وطن فدا، ج.، .۱۳۷۹. بررسی وضعیت سیل کشور :مشکلات و تنگناها، همایش ملی فرسایش و رسوب، خرم آباد.
-
-

- Associated Programme on Flood Management. (2008). Urban Flood Risk Management, World Meteorological Organization.
- Fernandez, D.S., Lutz, M.A., 2010. Urban flood hazard zoning in Tucum.n Province, Argentina, using GIS and multicriteria decision analysis. Engineering Geology.
- Neal, J.C., Bates, P.D., Fewtrell, T.J., Hunter, N.M., Wilson, M.D., Horritt, M.S., 2009. Distributed whole city water level measurements from the Carlisle 2005 urban flood event and comparison with hydraulic model simulations. Journal of Hydrology.
- Ivan, A., 2001. Guidelines on non-Structural Measures In Urban Flood Management , Technical Documents in Hydrology | No. 50, UNESCO, Paris,.