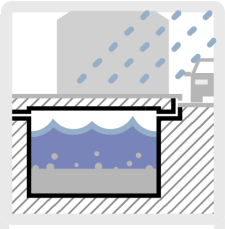


KLIMAATBESTENDIGE STAD

handout | december 2021

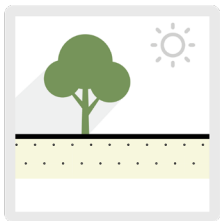
Berg bezink bassin



Ondergrondse bergingskelders zijn ontworpen om overtollige neerslagafvoer uit riolssystemen te bergen. Dit gebeurt met name als de neerslag afvoer groter is dan de afvoercapaciteit van het rioolsysteem.



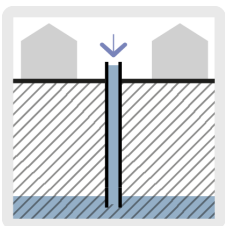
Creëren van schaduw



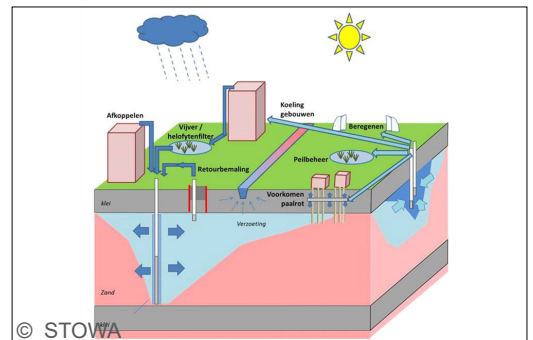
Schaduw creëren is belangrijk om te voorkomen dat oppervlakken opwarmen en om de directe omgeving koeler te maken. Dit kan gerealiseerd worden met behulp van bomen, pergola's, overstekken, zonneschermen en dergelijke. Arcades en overdekte wandelpaden zijn stedenbouwkundige elementen die in warme landen reeds gebruikelijk zijn om schaduw te creëren.



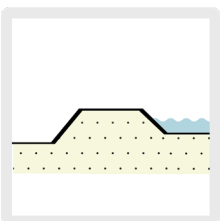
Diepe grondwater infiltratie



Diepe grondwater infiltratie is gericht op infiltratie van water in diepe aquifers. Regenwater wordt verzameld en geïnfilteerd in diepe grondwaterputten. Diepe grondwater infiltratie kan nuttig zijn voor het aanvullen van deze aquifers. Maar in veel gebieden worden diepe aquifers gebruikt voor het winnen van drinkwater. Dan is er een aanzienlijk risico van grondwaterverontreiniging.



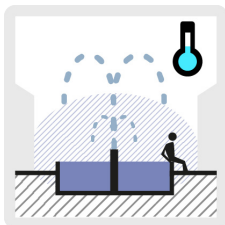
Dijken



Een dijk is een langwerpig en kunstmatig gemaakte versterking, die lager gelegen gebieden beschermt tegen hoog water. Vaak is deze gemaakt van zand of klei. Stenen en beton worden gebruikt om de dijk extra te versterken tegen golven. De meeste dijken worden parallel aan de rivier en uitwaarden gebouwd, of langs lagergelegen kustgebieden.



Fonteinen, watervallen en watermuren

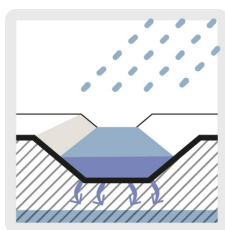


Stilstaande wateroppervlakken verdampen minder water dan begroeide oppervlakken. Door besproeiing of bevoeiing van oppervlakken neemt de verdamping toe en wordt de temperatuur verlaagd. Daardoor heeft bewegend water zoals bij fonteinen, watervallen en watermuren wel een verkoelend effect op de directe omgeving. Hiervoor kan oppervlaktewater en regenwater gebruikt worden.



© atelier GROENBLAUW

Greppels

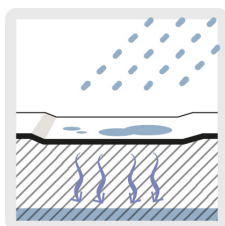


Een greppel is een kleine beplante sloot en dient om regenwater tijdelijk vast te houden, te transporteren en te laten infiltreren. Een greppel kan zowel water bevatten als droog staan. Greppels kunnen goed in groenstroken of in bermen geïntegreerd worden. Ze hebben een groene uitstraling. Ze vragen wel extra ruimte en onderhoud.



© Amar Sjaau en Wa - Windhorst

Infiltratievelden en infiltratiestroken met bovengrondse opslag

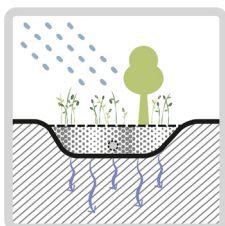


Door naast verharde oppervlakken greppels of velden aan te brengen die het afvloeiende hemelwater tijdelijk op kunnen slaan, kan op een eenvoudige wijze het water van schone verharde oppervlakken zoals daken en fietspaden worden geïnfiltreerd. Naast de hoeveelheid neerslag die gebufferd dient te worden, is de doorlaatbaarheid van de bodem voor de dimensionering van belang.



© Madeleine d'Ersu

Grindkoffers



Een grindkoffer is een ondergrondse faciliteit gevuld met grind om regenwater in de bodem te infiltreren. Neerslag wordt bovengronds of ondergronds in de koffer of schacht gebracht. Grindkoffers worden toegepast naast verharde oppervlakken of naast onverharde oppervlakken waar geen ruimte is voor een infiltratiegreppel of waar de doorlatendheid van de bodem te gering is.



© Gemeente Bergeijk

Groene daken



'Groene daken' is een verzamelbegrip voor be-loopbare beplante daken en beplante hellende daken, en omvat o.a. mos/sedumdaken en gras/kruidendaken. Groene daken bufferen regenwater tot op zekere hoogte. Ze zijn niet geschikt om extreme neerslag te bufferen omdat ze dan verzadigd raken. Het dak zelf, de onderliggende ruimtes, en de omgeving blijven koeler.



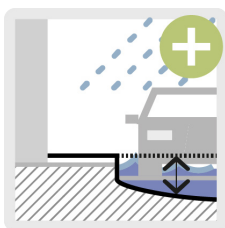
Groene gevels



Gevelbeplanting zorgt ervoor dat gevels minder opwarmen en ook minder warmte verliezen. De planten zorgen tevens voor verdamping wat eveneens bijdraagt aan een koeler stads-klimaat. Voordeel van gevelbeplanting is dat ze vrij weinig ruimtebeslag legt op het intensief gebruikte stedelijke maaiveld en toch veel vierkante meters verticaal groen realiseert.



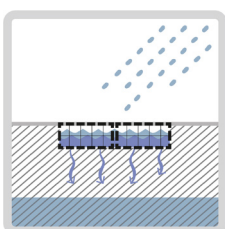
Holle en schuine wegen



Holle wegen laten water op de weg toe in plaats van in een goot en kunnen daardoor veel meer water bergen en afvoeren dan goten. Het afschot/verval is vaak minder een belemmering dan bij goten voor het overbruggen van afstanden groter dan 50 meter doordat er iets meer met het wegpeil kan worden gevarieerd.



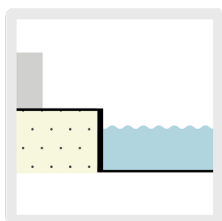
Infiltratiekragen



Infiltratiekragen bufferen het regenwater ondergronds en maken dubbel grondgebruik mogelijk. Ze hebben hierdoor in het algemeen een grotere opslagcapaciteit dan bovengrondse infiltratievoorzieningen. Er kan dus meer regenwater tijdelijk gebufferd worden en vertraagd afgestaan worden aan het grondwater. De extra infiltratie leidt tot minder droogteschade, bodemdaling en verzilting.



Kades (lage dijken)

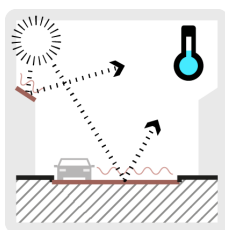


Een kade of een werf is een structuur op de oever van een rivier of kanaal. Deze biedt bescherming tegen overstroming op locaties waar de ruimte beperkt is.



© Kees Broks

Koele materialen (hoge albedo)

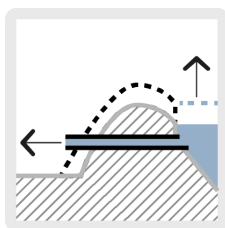


De eigenschappen van oppervlakmaterialen met betrekking tot het vermogen zonlicht te reflecteren en warmte te absorberen hebben invloed op de oppervlakte temperatuur. Over het algemeen warmen lichtere materialen minder op dan donkere materialen. Door materialen met minder massa te kiezen, zoals hout en andere poreuze materialen die warmte minder accumuleren, blijven het oppervlak en de directe omgeving koeler.



© atelier GROENBLAUW

Berging door de realisatie van extra wateroppervlak

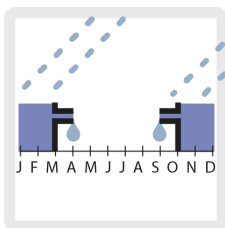


Door de realisatie van extra bergend oppervlak bij een gelijkblijvende peilfluctuatie kan extra bergvolume worden gerealiseerd. Van een gebruikelijke kleine peilfluctuatie van bijvoorbeeld 30 cm wordt een gedeelte voor seizoensberging gedimensioneerd en een gedeelte voor piekberging. Voordeel van deze wijze van seizoensbergen is dat de peilfluctuatie beperkt blijft; dit is gunstig voor de oeverflora.



© Madeleine d'Ersu

Berging door de realisatie van extra berghoogte

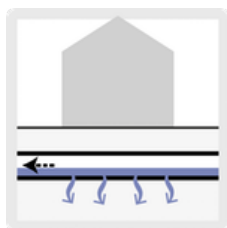


Wanneer een bergend oppervlak ontworpen wordt op een grotere peilfluctuatie kan seizoensberging worden gerealiseerd zonder dat extra oppervlak nodig is. De benodigde hoogte is echter op veel locaties niet zonder meer te creëren door een te hoog grondwaterpeil. Een grotere peilfluctuatie stelt eisen aan de vormgeving en beplanting van de oevers omdat deze blootstaan aan extremere omstandigheden.



© Amar Sjaau en Wa - Windhorst

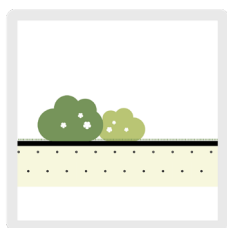
Drainage-Infiltratie-Transport (DIT)-riool



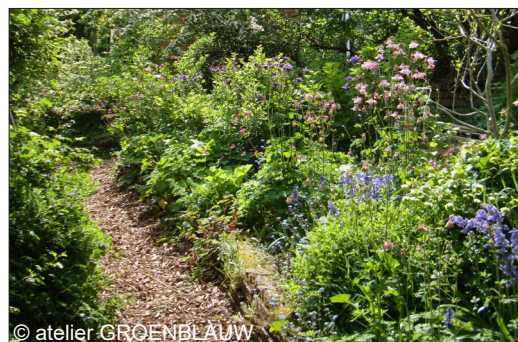
Een riool in de vorm van een met geotextiel omwikkelde geperforeerde horizontale buis draineert de bodem, laat het water infiltreren en voert het daarnaast af. Dergelijke voorzieningen worden toegepast naast verharde oppervlakken of naast onverharde oppervlakken waar geen ruimte is voor een infiltratiegreppel of waar de doorlatendheid van de bodem te gering is.



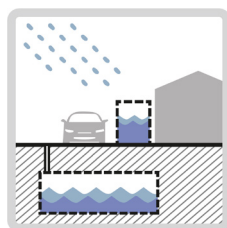
Tegels eruit, groen erin



Minder tegels in de tuin en in het stedelijk gebied heeft veel voordelen: Het regenwater kan in de bodem wegzakken en het grondwater aanvullen. Verharde oppervlakken worden in de zomer heter dan groene; het weghalen van tegels schept meer ruimte voor beplanting en het groen houdt het gebied koeler op hete zomerse dagen. Daarnaast biedt het meer ruimte aan flora en fauna en natuurlijk bodemleven.



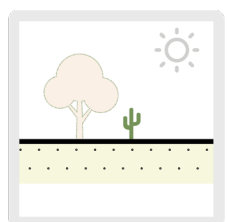
Regenton



De regenton is de meest eenvoudige en makkelijk te installeren voorziening buiten bij woningen. Het hemelwater zal in de meeste gevallen gebruikt worden voor besproeiing en begieting; de ton staat immers buiten. De gangbare regentonnen zijn beperkt van inhoud (224 liter is een gangbare maat) en moeten dus voorzien worden van een overstort als het aangesloten dakvlak te groot is.



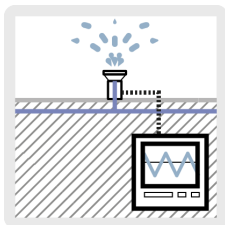
Droogtebestendige planten en bomen



Droogtebestendige planten zijn geschikter om langere droogteperioden te overbruggen en gebruiken minder grondwater. De schaal waarop grondwateronttrekking plaats vindt, is afhankelijk van de vegetatiesoort. Als vuistregel voor een boom bijvoorbeeld kan worden aangehouden dat een boom grondwater onttrekt uit een gebied ter grootte van driemaal de diameter van de kroon.



Slim beregeningsbeleid



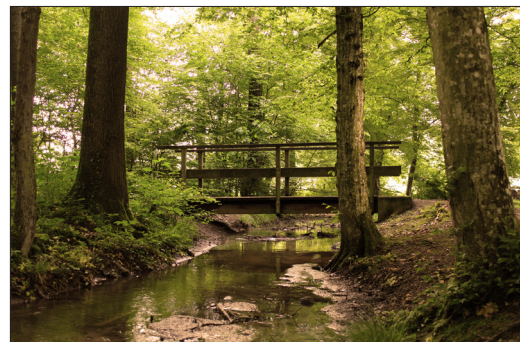
Als er in perioden van langdurige droogte schade aan de beplanting dreigt te ontstaan dient er besproeid te worden. Door dit periodiek te doen (wekelijks) raken de planten eraan gewend dat dit niet dagelijks gebeurt en wordt er diep geworteld. Als er laat op de dag wordt beregend zijn de verdampfingsverliezen lager.



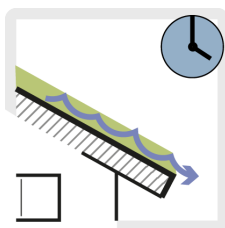
Stadsbossen



Stadsbossen hebben veel functies. Naast hun functie voor recreatie en hun betekenis bij het verzachten van hittestress, kunnen ze eilanden van relatief schone lucht in de stad creëren en de biodiversiteit verbeteren. Stadsbossen en stadsparken laten het regenwater infiltreren en er kunnen buffer- en infiltratiegebieden in aangelegd worden. Hierdoor leveren zij een belangrijke bijdrage aan het beperken van wateroverlast, verdroging en verzilting.



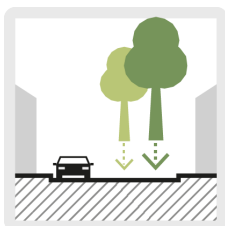
Groene daken met afvoertraging (retentiedak)



Groene daken met afvoertraging worden ook wel retentiedaken genoemd. Dit is een groen dak met daar onder een substraatlaag om extra regenwater te kunnen bergen. Het regenwater wordt vertraagd afgevoerd met een geknepen afvoer. Een polderdak is een retentiedak waarbij het besturingssysteem is gekoppeld aan de weersverwachting.



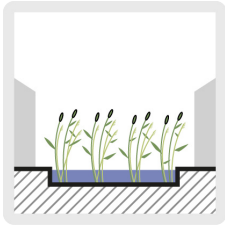
Straatbomen en bomenlanen



Het planten van bomen in straten, op pleinen en parkeerplaatsen heeft door de schaduwwerking en evapotranspiratie een verkoelend effect. Boven druk bereiden wegen zijn gesloten bladerdaken niet voordelig aangezien dan de uitstoot van de voertuigen onder het bladerdak kan blijven hangen. De boomsoorten zullen zo gekozen moeten worden dat ze aangepast zijn aan de plaatselijke vochtthuishouding.



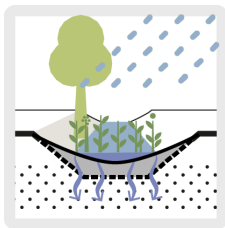
Urban wetlands



Wetlands zijn waterrijke natuurgebieden en komen vooral voor langs rivieren en in deltagebieden. Het zijn van nature overloopgebieden van rivieren en daardoor natuurlijke regenwaterbuffers. Vanwege stadsuitbreiding en de hiermee samengaannde grondwaterpeilverlaging staan wetlands en de natte natuur wereldwijd onder druk. In steden als Londen hebben de wetlands een functie bij het ontwikkelen van meer biodiversiteit, en natuurlijke recreatiegebieden voor de stadsbewoners.



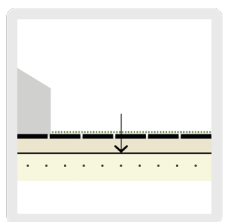
Wadi's



Een wadi is een beplante greppel met een doorlatende bodem en eronder een in geotextiel ingepakte grindkoffer met een infiltratie- en drainagebuis. Deze is daarmee geschikt voor berging, infiltratie en afvoer van regenwater terwijl ze tevens een bijdrage levert aan de vergroting van de biodiversiteit en de leefkwaliteit.



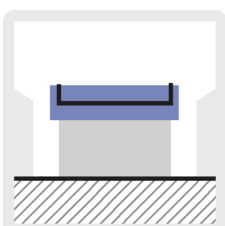
Water absorberende/bergende verharding



Waterdoorlatende bestrating bestaat uit poreus materiaal dat regenwater doorlaat. Daarbij kan water zowel in de bovenste toplaag (bijvoorbeeld poreus asfalt), als ook in de fundering worden opgeslagen. Naast het vertragen van de waterafvoer, kan waterdoorlatende bestrating vervuilende stoffen opvangen en filteren.



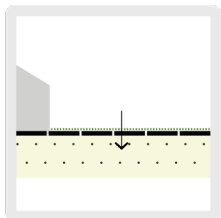
Waterdaken / blauwe daken



Flat roofs can be designed to buffer a degree of precipitation by situating the overflow at a slightly higher level. This needs to be taken into account in the roof's construction (greater load). The rainwater is drained off at a delayed pace using narrower drainpipes and only remains for a short period on the roof to create sufficient storage capacity in time for the next rainfall.



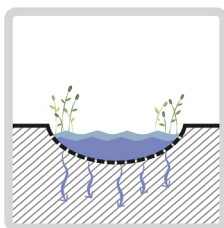
Waterdoorlatende verharding



Waterdoorlatende bestrating bestaat uit poreus materiaal dat regenwater doorlaat. Daarbij kan water zowel in de bovenste toplaag (bijvoorbeeld poreus asfalt), als ook in de fundering worden opgeslagen. Naast het vertragen van de waterafvoer, kan waterdoorlatende bestrating vervuilende stoffen opvangen en filteren.



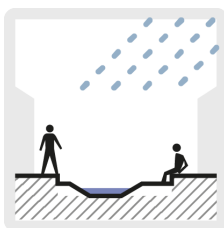
Bergingsvijver (buffervijvers)



Buffervijvers vangen de neerslag tijdelijk op en voeren deze vertraagd af. Tijdens een regenbui wordt het regenwater in de vijver opgeslagen en later afgevoerd zodat er weer ruimte komt voor de volgende neerslag. Buffervijvers kunnen met een meer steenachtige of met een natuurlijke uitstraling vormgegeven worden.



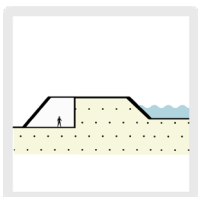
Waterpleinen



In verschillende steden zijn voorzieningen voor regenwaterretentie ontworpen in de openbare ruimte. Bij deze voorzieningen, de waterpleinen, is een koppeling gelegd met andere stedelijke functies zoals speelvoorzieningen, groen en verblijfsfuncties. Waterpleinen worden toegepast in binnenstedelijke gebieden waar weinig ruimte is voor waterbuffering en waar infiltratie door de hoge grondwaterstanden niet mogelijk is.



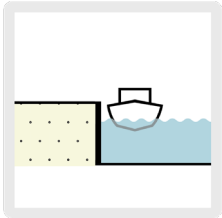
Superdijk



Een superdijk is veel hoger en breder dan een traditionele dijk. Hij is zo ontworpen dat hij zowel extreme bescherming tegen water biedt, als ook ruimte reserveert voor stedelijke ontwikkeling bovenop de dijk.



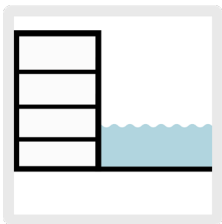
Kademuur



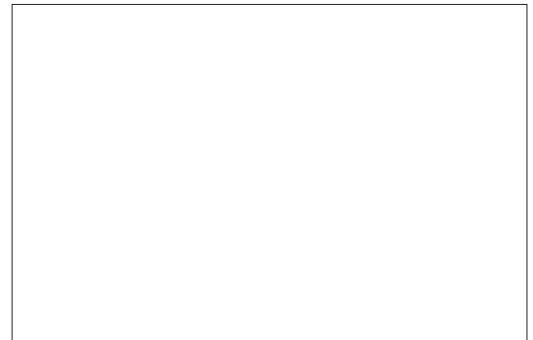
Een kade of werf is een civiele constructie aan de oever van een haven, rivier of kanaal, waar schepen kunnen laden en lossen. Deze maatregel is een goede oplossing wanneer er weinig ruimte beschikbaar is. Kades zijn vaak bewapende betonnen constructies.



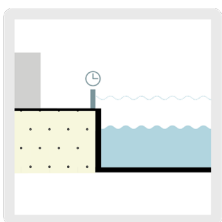
Gebouw als waterkering



Nieuwe en bestaande gebouwen in overstromingsgevoelige gebieden kunnen worden gebruikt als waterkering. De gebouwen moeten echter volledig worden opgenomen in de waterkering om te zorgen dat deze betrouwbaar blijft.



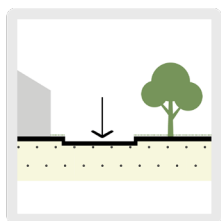
Tijdelijke kering



Een tijdelijke dijk bestaat uit volledig verwijderbare elementen, die alleen geïnstalleerd worden ten tijde van overstromingsgevaar. De tijdelijke dijk is een interessante maatregel in een stedelijke context, omdat het minder ruimte in beslag neemt dan een permanente dijk. Vaak worden deze tijdelijke dijken op speciaal daarvoor aangewezen plekken bewaard.



Verlagen van terras

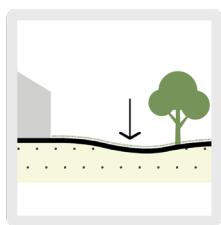


Regenwater kan tijdelijk worden geborgen op het terras van een tuin. Door het maatgevend peil van het terras te verlagen, wordt er meer ruimte gecreëerd voor het opslaan van regenwater, zonder dat er meer ruimte in beslag wordt genomen. Het water kan na de regenbui langzaam worden afgevoerd.

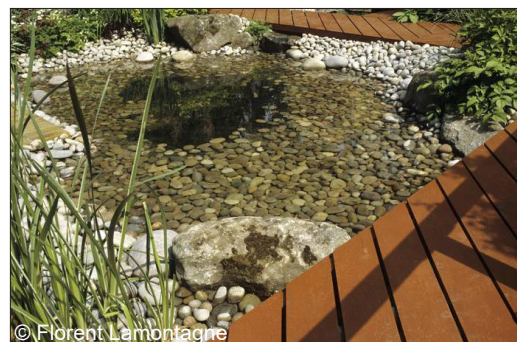


© atelier GROENBLAUW

Verlagen van deel van de tuin



Door een gedeelte van de tuin te verlagen kan regenwaterberging worden gecreëerd. Voorbeelden hiervan zijn infiltratievijvers die het regenwater opvangen en laten infiltreren. Naast het bergen van regenwater, zorgt deze maatregel ook voor het reduceren van hittestress.



© Florent Lamontagne