

Nedan presenteras olika varianter av dagvattenlösningar i form av fördröjningsåtgärder som kan användas för att uppfylla det erforderliga fördröjningsbehovet.

1. Gröna tak

För att minska avrinningen av dagvatten från takytor kan byggnader förses med så kallade gröna tak (Figur 1 och 2).



Figur 1. Grönt tak i västra hamnen, Malmö. Foto: Ramböll

Vegetationsklädda takytor minskar den totala avrinningen jämfört med konventionella, hårdgjorda tak. Tunna gröna tak, med t.ex. sedum, kan minska den totala avrunna mängden på årsbasis med ca 50 %. Gröna tak med djupare vegetationsskikt magasinerar enligt Svenskt Vattens publikation P105 i medeltal 75 % av årsavrinningen. Förutom detta har sedum till skillnad från vanligt gräs den speciella egenskapen att det klarar längre torrperioder utan att torka ut.

Man har beräknat att 10 m² takyta täckt av till exempel torktålig takvegetation tar upp samma mängd koldioxid som ett träd. Takvegetation med blandade sedum och mossarter behåller dessutom sin bladmassa året om. De är därför aktiva som partikelrenare när de gör som mest nytta, det vill säga under vinterhalvåret när föroreningsbelastningen är som högst.

Förutsättningar

Förutsättningar för att tekniken skall kunna utnyttjas är att taket inte har alltför brant lutning. Taklutningen bör inte vara mer än 27 grader vilket motsvarar en taklutning på 1:2 och enligt rekommendationer är maxlutningen 30 grader. Detta då brantare lutning kräver att det gröna taket säkras med hjälp av exempelvis nät, clips och krokar. Samt att taket bevattnas då vattnet rinner

av snabbare vilket leder till att taket riskerar att torka ut och själva fördröjningsfunktionen försvinner.

Takkonstruktionen skall vara dimensionerad för den extra last som det gröna taket innebär. Lasten är dock inte större än att motsvara ett vanligt tegeltak. Vidare kan gröna tak ha en ljud- och värmeisolerande verkan, vilket kan bidra till en bättre inomhusmiljö samt reducera hushållens energibehov för uppvärmning. Gröna tak kan ha kylningseffekten på sommaren. Gröna tak kräver dock skötsel i form av gödsling med mera för att bibehålla funktion och karaktär.

2. Regnträdgårdar

Regnträdgårdar (Rain Gardens) (Figur 3) är en genomsläpplig växtbädd som används för att infiltrera dagvatten från närliggande hårdgjorda ytor.



Figur 3. En regnträdgård i Malmö. Dit leds dagvatten från vägen. Foto: Ramböll

Eftersom regnträdgård byggs upp på en väl-dränerad växtbädd ställs det krav på att växterna ska klara perioder av både torka och höga vattennivåer. Med en välkomponerad växtmix får man regnträdgård som fyller en teknisk funktion men också ett mycket vackert inslag i gatumiljön eller parken.

En regnträdgård byggs upp så att allt det inströmmande vattnet ska kunna magasineras och infiltreras effektivt inom ett dygn efter nederbördstillfället. Bara under korta perioder i samband med kraftiga regn kommer regnträdgården att ha någon synlig vattenyta. Eftersom bädden är planterad med växter så medför det att en regnträdgård dessutom har en mycket större förmåga att avdunsta vatten än exempelvis en steril infiltrationsbädd av makadam.

Jämfört med en öppen dagvattendamm i stadsmiljön så genererar regnträdgård i idealfallet inget överskottsvatten som måste ledas vidare i det konventionella dagvattensystemet. Allt vatten infiltreras lokalt och kan skapa ett slutet dagvattensystem inom kvarteret.



Systemen med regnträdgård har utvecklats och används nu med framgång även i städernas gatumiljöer. Dagvattnet från tak, vägar och parkeringsytor leds till närliggande regnträdgård där växterna renar och avdunstar stora delar av vattnet innan överskottet infiltrerar ned genom bädden (www.vegtech.se). Figur 3 visar ett exempel på en upphöjd regnträdgård.

Figur 3. Upphöjd regnträdgård/växtbädd i Göteborg. Foto: Ramböll

3. Öppna fördröjningsmagasin

Med öppna vattenytor skapas tilltalande inslag i bostadsmiljön (Figur 4 och 5).

Dagvattenmagasinen kan utföras på många sätt och förutsättningarna på platsen får ofta styra utförandet. Fysiska begränsningar är kanske den faktor som spelar störst roll och kan leda till en viss problematik gällande dagvattenhantering i redan bebyggda områden. Befintliga bebyggelsestrukturer tillåter kanske bara en viss kategori av öppen dagvattenhantering på grund av platsbrist.

För att magasinerna ska vara snygga så krävs underhåll och eventuellt behövs kontinuerligt tillflöde av vatten för att undvika stillastående vatten som kan få problem med bland annat alger. Ett ytterligare sätt att undvika alg-beväxning är att plantera träd runt dammen för att ge skugga och därmed sänka temperaturen i vattnet vilket hämmar tillväxten av alger.

Vid utformning av fördröjningsdamm bör följande tas i beaktning:

- Dammens slänter bör ges flacka lutningar, 1:4 eller flackare, med hänsyn till skötsel samt säkerhetsaspekter.
- Djupet i dammen bör variera för rikare biologisk mångfald samt bättre rening. Dock får inte dammen vara för djup då det kan leda till syrefria miljöer och anaerob nedbrytning vilket ger upphov till dålig lukt.
- Dammen bör vara långsmal. Längd: bredd cirka 3:1 rekommenderas. Vattnet ska ha så lång rinntid i dammen som möjligt.

Födröjningsdammens djup och placering beror på grundvattennivån i området. Födröjningsdammerna kommer att medge utjämning av dagvattentoppar och medföra en viss rening av dagvatten genom sedimentation.



Figur 4. Öppet födröjningsmagasin i form av en dagvattendamm med permanent vattenyta i ett bostadsområde i Tyskland. Foto: Ramböll



Figur 5. Födröjningsdamm inne bland bebyggelsen. Foto: Ramböll

3.1 Torr fördröjningsdamm/översilningsyta

En torr fördröjningsdamm kan användas för att fördröja vatten vid höga flöden i samband med nederbörd. Under vissa perioder kommer fördröjningsdammen att vara helt torr (Figur 6). Det är därför viktigt att den utformas så att den blir ett tilltalande inslag i landskapsbilden även under torrperioder. Man kan till exempel välja att utforma den som en torr damm med gräsklädd botten så att den i samband med nederbörd kan användas som ett magasin, men utgöra parkyta eller liknande under torra perioder.

Fördröjningsdammen kommer att utjämna dagvattentoppar och medföra en viss rening av dagvattnet genom sedimentation. Efter dammen leds dagvattnet via utloppsledning till befintligt dike.



Figur 6. Exempel på utformning av en torr fördröjningsdamm. Källa: Härryda kommuns dagvattenstrategi, 2011.

En översilningsyta är en anlagd eller befintlig lägre liggande vegetationsklädd yta som utformas för att ta emot ett jämnt utspritt dagvattenflöde över ytans hela bredd (Figur 7).



Figur 7. Översilningsyta i Malmö. Foto: Ramböll

Förutsättningar

Bygghöjd för magasin beror på flera förutsättningar, ex vattenmängder, grundvattenytans djup, naturliga höjdskillnader och tillgängliga ytor påverkar djupet på magasinet och därmed fördröjningsvolymen. Dammarna kräver skötsel i form av slamuppsamling, rensning/gräsklippning, etc. Slammet hanteras på samma sätt som slam från rännstensbrunnar och vägdiken.

4. Träd och skelettjordar

Dagvatten kan effektivt omhändertas med hjälp av träd, vars kronor fångar upp och avdunstar nederbörd samtidigt som rotsystemen suger vatten ur marken. Varje trädkrona kan magasinera omkring 10 mm nederbörd över den yta som kronan upptar. Att rotsystemen suger åt sig vatten från kringliggande mark leder dessutom till att markens magasineringkapacitet återhämtas fortare vid längre nederbördstillfällen.

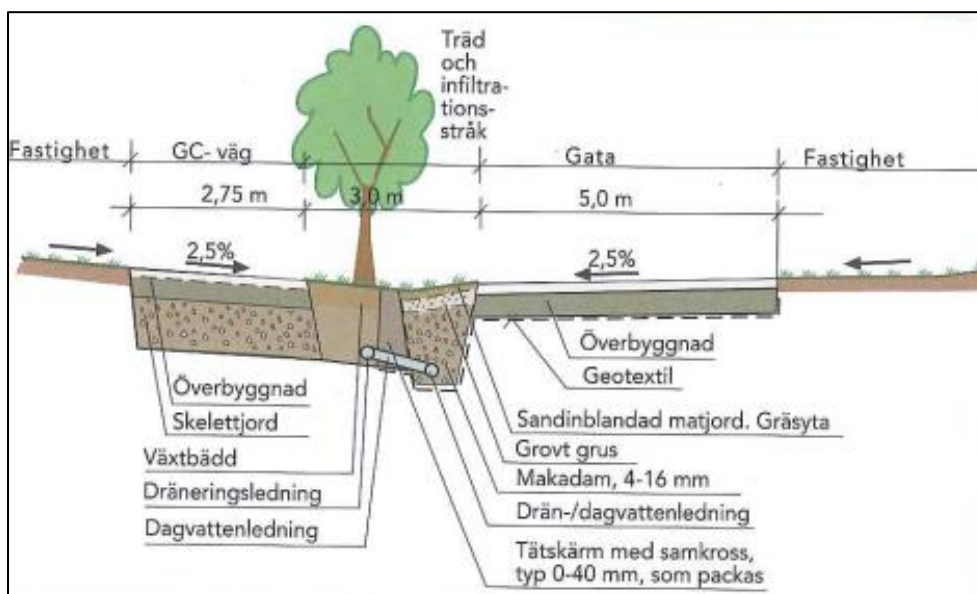
Träd kan med fördel kombineras med andra metoder för omhändertagande av dagvatten, till exempel med vattengenomsläppliga beläggningar (Figur 8).



Figur 8. Trädplantering i gata, Stockholm. Foto Ramböll

Utmed gator och parkeringsytor kan träd planteras för att minska flödesintensiteten. Dessutom kan träd omhänderta mindre mängder föroreningar, exempelvis från vägdagvatten. Optimalt om träd kan omges med undervegetation.

Vid trädplantering bör skelettjordar användas för att fördröja dagvattnen och därmed till viss del även rena det. Skelettjord består av en kombination av jord och makadam, vilket inte enbart förbättrar dagvattenfördröjningen men även underlättar trädrötternas tillväxt. Dagvattnet fördelas ut i skelettjorden med hjälp av en dräneringsledning eller en perkolationsbrunn. Avledningen av dagvattnet sker sedan till allmän dagvattenledning. Exempel på trädplantering med skelettjord vid körbana och GC-väg visas i Figur 9.



Figur 9. Principskiss för en smalare gatusektion med en GC-väg, ett infiltrationsstråk som är försett med gräs och träd och skelettjord. Källa: Svenskt vattens publikation P105: Hållbar dag- och dränvattenplanering.

5. Genomsläppliga beläggningar

I stället för täta asfaltytor kan olika typer av vattengenomsläppliga ytmaterial väljas. Infiltrationskapacitet i dessa är dock svår att beräkna och på sikt kommer dessa ytor till viss del sättas igen.

5.1 Hålad marksten och rasterytor

Hålad marksten och rasterytor är försedda med öppna hål eller fogar där dagvattnet har möjlighet att infiltrera ned till en vattengenomsläpplig dränerad överbyggnad. Möjligheter finnas att förse hålen med gräs eller makadam (Figur 10).



Figur 10. Hålsten av betong som bildar en stabil och genomsläpplig yta Källa: Utemiljö & Stenprodukter i Skåne AB 2012.

För att mer genomsläppliga ytor ska fungera krävs det att de inte sätts igen av mindre fraktioner som transporteras med dagvatten till ytorna. Om mindre fraktioner sätter igen de genomsläppliga ytorna riskerar de i så fall att förlora sin funktion. Det är också viktigt att en underbyggnad till ytorna är gjord av ett material med tillräckligt stora fraktioner att det säkerställer genomsläpplighet.

Under ytorna magasineras och fördröjs dagvattnet som sedan dräneras bort och leds till de kommunala avloppsledningarna. Ytterligare en fördel med den här typen av mer genomsläppliga ytor är så mycket som 30 % av dagvattnet avdunstar. Nackdelen är däremot att det kan bli svårare för funktionshindrade att ta sig fram över ytorna.

5.2 Permeabel asfalt

Permeabel asfalt är en typ av asfalt som har små öppna hålrum i sig vilket gör att vattnet kan infiltrera ner till underliggande lager. De underliggande lagren är uppbyggda av olika relativt grova material för att underlätta infiltrationen. Permeabel asfalt är mycket beroende av lämpliga lokala förutsättningar för att fungera. Den har ett relativt stort skötselbehov, då den måste högtrycksspolas med jämna mellanrum för att inte porerna i asfalten skall sättas igen.

5.3 Pelleplatta

Pelleplattan (Figur 11) är en produkt tillverkad av återvunnen HDPE-plast

och används som gräs- eller singelarmering i flera olika sammanhang.



Figur 11. Förstärkt grusgång med pelleplatta. Källa: www.vegtech.se.

Underlaget förbereds precis som vid en stensättning efter förväntad belastning. Plattan läggs sedan enkelt och snabbt på plats och kapas lätt efter platsens behov på ett stabilt och väl förberett underlag. Plattan tål belastningar på 200 ton/m² och fördelar lasten från ett fordon som kör på ytan så att kompaktering av underlaget undviks. Pelleplattan fungerar också bra med hänsyn till framkomlighet för barnvagnar, rullstolar och rollatorer.

6. Diken

För att avleda avrinning kan olika avrinningsstråk användas (avrinningsstråk kan även syfta på infiltrationsstråk och dräneringsstråk). Ofta utgörs avrinningsstråken av olika typer av diken, till exempel öppna gräsbeklädda diken, svackdiken, eller underjordiska diken, makadamdiken.

6.1 Svackdiken

Svackdikena är ytliga avrinningsstråk där dagvattnet visualiseras, renas och fördröjs. Svackdiken (Figur 12) avser grunda, öppna avrinningsstråk med flacka slänter.

Avbördningsförmågan i ett svackdike påverkas i hög grad av friktion mellan vattnet och gräsytan, den så kallade råheten samt lutningen i flödesriktningen. Råheten påverkas av växtval och skötsel av grönytan. När dagvattnet rinner i svackdikena reduceras hastigheten på grund av vegetationen och därmed avskiljs föroreningar genom sedimentering. Avrinningshastigheten minskar avsevärt jämfört med transport i ledningar. Flödestopparna nedströms minskar. Är lutningen större än 2 % bör svackdiket förses med fördämningar för att på så sätt minska vattenhastigheten och öka fördröjningseffekt.



Figur 12. Svackdiken i Fjärilsparken, Malmö. Källa: VA SYD.

Dikena bör göras flacka och breda för att få högsta reningseffekt genom att få så lång uppehållstid som möjligt så att föroreningar hinner suspendera. Den beväxta ytan binder och bryter ner föroreningarna och tar även upp de näringsämnen som finns i dagvattnet. Det beväxta lagret bör ha en tjocklek på ca 30 cm. Dikena bör också utformas med permeabla väggar vilket gör att vattnet kan infiltrera. Svackdikena bidrar till en reduktion av vattenvolymerna samt minskar flödestopparna. Vid höga flöden skall det finnas bräddningsmöjligheter från svackdikerna för att minimera risken att bundna föroreningar slammar upp och sprids.

Även under vinterförhållanden och i samband med snösmältning har det konstaterats att smältvattnet infiltreras i gräsytor. Vintertid kan svackdikerna användas som snöupplag vilket lämpar sig då snö som röjs från gator och vägar anses innehålla föroreningar som delvis renas i svackdikerna.

Fördelen med svackdiken är att dagvattnet renas till viss del och att det är ett trevligt inslag med kombinationen vatten och grönyta i området. En nackdel är att de är ytkrävande och kräver ett visst underhåll.

6.2 Makadamdiken

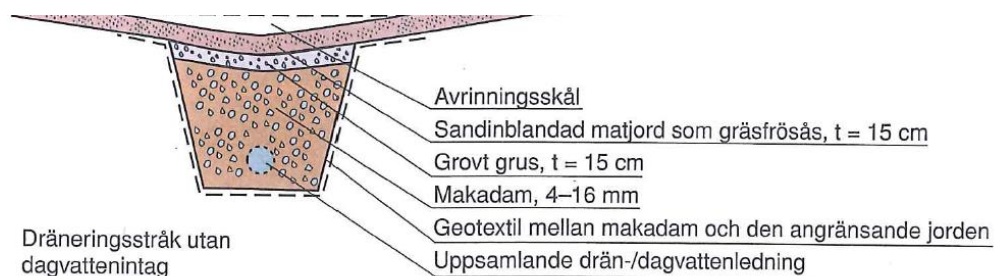
Ett alternativ till svackdiken är makadamfyllda diken, så kallade makadamdiken. Fördelar med makadamfyllda diken jämfört med svackdiken är att makadamdiken inte kräver lika stor plats.

Makadamdike kan utföras även under en skålad gräsyta där dagvattnet samlas (Figur 12). Under gräsytan görs ett cirka 1 meter djupt dike fyllt med genomsläppligt material, typ makadam. Magasinerings- eller fördröjningsvolymen i makadamdiken utgörs av porvolymen (hålrumsvolymen) i fyllningsmassorna, cirka 30 % av den totala volymen. Ett lager geotextil skyddar makadammen från det gräsbevuxna jordlagret. I botten av diket läggs en dränerande ledning. Bräddintag, i form av brunnar med kupolsil, kan placeras ovan den skålade gräsytan.



Figur 12. Exempelbild på ett mjukt skålat makadamdike i Köpenhamn. Foto: Ramböll

Avtappningen av makadamdiket utförs med en dräneringsledning som läggs nära botten i fyllningen (Figur 13). För att tömningen inte skall bli för snabb av magasinet bör dräneringsledningens kapacitet strypas. På så vis säkerställs att inte föreskrivet maximalt utflöde överskrids. Makadamdiken kan även utföras under tät beläggning så som vägar eller parkeringar.



Figur 13. Makadamdike med dräneringsledning i botten. Källa: Svenskt Vatten P105.

7. Underjordiska fördröjningsmagasin

Där det inte finns utrymme för öppna fördröjningsmagasin kan underjordiska magasin anläggas och förläggas till exempel inom parkeringsytor.

Det finns flera olika typer av underjordiska magasin för dagvatten på marknaden idag. Vid hög grundvattennivå måste fördröjningsmagasin som anläggs under mark sannolikt utgöras av täta magasin som till exempel rörpaket. Om magasinerna utförs som en otät konstruktion som till exempel plastkasseter måste grundvattennivån vara känd. Den bör vara under magasinets botten annars kan inte hela volymen utnyttjas till magasinering.

Magasinen behöver också dimensioneras för aktuell last, exempelvis trafik och vid täta magasin och hög grundvattennivå även för lyftkrafter.

7.1 Dagvattenmagasin av plast, till exempel polyetenrör

Polyeten är korrosions- och kemikaliebeständigt vilket innebär att rören har en lång livslängd. Dessutom har materialet låg densitet om det jämförs med exempelvis betong.

För att skapa ett magasin av rördelar i polyeten (Figur 14) krävs det att de sammankopplas och det görs antingen genom att de gängas eller svetsas samman eller att de både gängas och svetsas. I och med att varje rördel anpassas utifrån beställarens krav kan magasinet utformas efter de topografiska förutsättningar som finns på den aktuella platsen.



Figur 14. Dagvattenmagasin av Weholite dubbelväggiga lättviktsrör, polyeten. Källa: www.kwhpipe.se

Installationstiden exklusive schaktning är vid den här magasinystypen kort jämfört med andra magasinystyper. Detta tack vare att rördelarna är lätta, prefabricerade och kan göras längre än betongrör. Samt att de snabbt och enkelt kan monteras samman.

Ett magasin av polyeten beräknas hålla i cirka 100 år och kräver, förutom eventuell spolning, i stort sett inget underhåll. Livslängden baseras på kunskap om materialets beständighet samt skicket på de rör som tagits upp ur marken efter att varit i bruk i ca 50 år (www.kwhpipe.se).

7.2 Dagvattenmagasin av betongrör

Dagvattenmagasin gjorda av armerade betongrör (Figur 15) fungerar på samma sätt som de dagvattenmagasinen av polyetenrör.



Figur 15. Dagvattenmagasin av betongrör Källa: www.steriks.se.

Skillnaden är de egenskaper som materialen har. Tyngden av betongen gör att rörsektionerna blir svårare att hantera vid montering och dyrare att transportera. Det går inte heller att göra lika långa längder av betongrör som med polyetenrör vilket medför fler skarvar mellan rördelarna. Fler skarvar ger en längre installationstid. Armerad betong kan dock bära större laster än polyetenrörsmagasin vid till exempel ytligt liggande dagvattenmagasin.

Betongrörens ungefärliga livslängd är 100 år. Bara i undantagsfall är mark- och vattenförhållandena sådana att kemiska angrepp förkortar livslängden (www.alfaror.se).

7.3 Dagvattenmagasin i betong

Dagvattenmagasin gjorda av betong kan ha olika former och tillverknings sätt. Det finns både cirkulära och rektangulära magasin. Magasinen går både att platsgjuta (Figur 16) och att prefabricera.



Figur 16. Plastgjutet dagvattenmagasin som är beläget under en parkeringsyta. Foto: Malin Engström. Källa: Svenskt vattens publikation P105: Hållbar dag- och dränvattenplanering.

Att installera ett fördröjningsmagasin i betong kan variera i tid beroende på vilka förutsättningar som finns på platsen, vilken typ av magasin som skall installeras och magasinets storlek.

7.4 Infiltrationsmagasin eller Stenkistor

Infiltrationsmagasin används främst då dagvatten från takytor inte kan avledas till någon yta med vegetation där det kan infiltrera ner i marken. Infiltrationskapacitet varierar starkt mellan olika jordarter där morän och sand har 2-3 gånger större kapacitet än silt respektive anlagda grönytor (matjord). Lera har en nästan försumbar infiltrationskapacitet. Viktigt är grundvattenytans nivå. Den bör vara under magasinets botten annars kan inte hela volymen utnyttjas till magasinering. Det är även viktigt att de omkringliggande fastigheterna inventeras noga så att de inte skadas om det skulle komma så mycket nederbörd att infiltrationsanläggningen inte kan klara flödet utan att vatten blir stående och rinner av längs marken.

Infiltrationsmagasin är i princip en grop i marken som täcks in av en geotextilduk och fylls med ett grovt material (makadam) som dagvattnet leds till. Duken ska förhindra smuts och finare fraktioner från omgivande material att ta sig in i magasinet och minska porvolymen och därmed kapaciteten för magasinet. Hållrumsvolymen för makadam som används i infiltrationsmagasin brukar vara cirka 30 %. Infiltrationsmagasinet samlar upp dagvattnet och låter det sedan infiltrera i marken, magasinet kan även utrustas med en perkolationsbrunn. Magasinet ska förses med en bräddning till dagvattennätet eller dike för bortledning av avrinnande vatten som inte infiltreras för att förhindra översvämningar vid mycket kraftiga regn.

Ett infiltrationsmagasin räknas ha en livslängd på ett par årtionden beroende hur skötseln är på magasinet. Skulle en längre period vara aktuellt bör fyllningsmaterialet och duken som kan sättas igen bytas ut.

7.5 Dagvattenkassetter

Ett alternativ till att anlägga ett infiltrationsmagasin fyllt med ett grovt material är dagvattenkassetter av plast. Dagvattenkassetternas (Figur 17) hållrumsvolym är 95 % vilket innebär att man sparar mer än 2/3 av ytbehovet jämfört med en traditionell anläggning av makadam.



Figur 17. Dagvattenkassetter. Källa: www.wavin.se.

Kassetterna kan användas för avledning av dagvatten från tak och hårdgjorda ytor. De bör förses med bräddanslutning för indikation på framtida igensättning.

Fördelar med dagvattenkassetter jämfört med makadamfyllda infiltrationsmagasin är att kassettmagasinen inte kräver lika stor plats och möjligheterna till inspektion, rensning och spolning är större. Utformningen och vikten på modulerna gör att transportkostnader kan minskas med upp till 75 % jämfört med makadamfyllda infiltrationsmagasin.

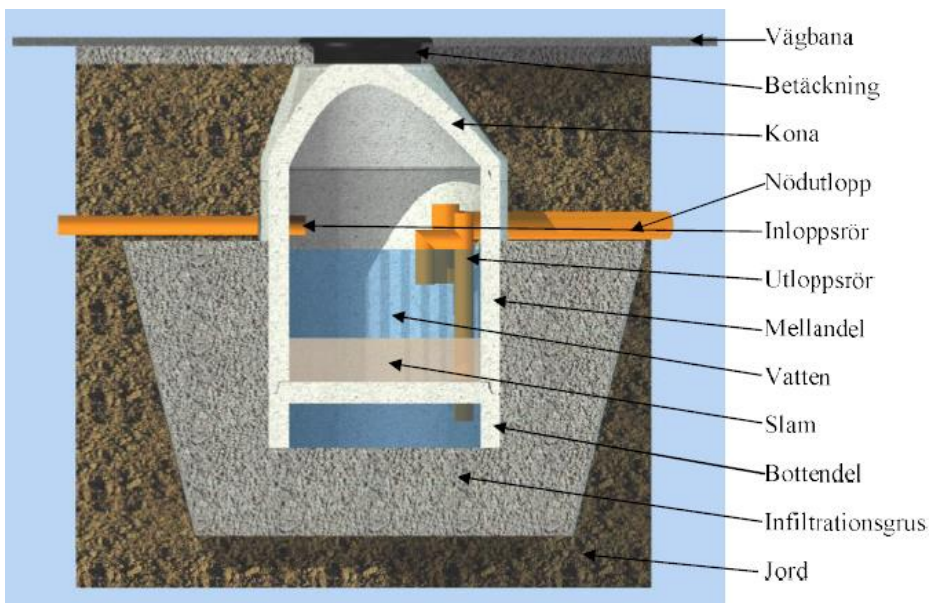
Noteras bör att kassettmagasin måste anläggas ovan grundvattenytan. Annars kan inte hela volymen utnyttjas till magasinering.

Kassetterna har olika utseende och storlek beroende på vilken typ av kasset det är och vilken leverantör som den kommer från. Gemensamt för de olika kassettyperna är att en geotextilduk måste placeras runt kassetterna för att hålla smuts och jord utanför magasinet annars kan sediment tränga in och minska fördröjningsvolymen och sätta igen magasinet.

Denna magasinystyp har en lägre bärighetsförmåga än magasin av polyetenrör och dess livslängd varierar med hur arbetet med tätningen kring kassetterna är utförd. Till mindre magasin fungerar dessa utmärkt då de är billiga och enkla att montera. Till större fördröjningsmagasin blir arbetet mer omfattande med monteringen av kassetterna.

7.6 Infiltrations- och perkolationsbrunnar

Dagvattnet rinner ner genom brunnens betäckning, alternativt förses brunnen med en inloppsledning från närliggande dagvattensystem. De partiklar som kommer in i Infiltrationsbrunnen sjunker ner till botten eller lägger sig på ytan. Vattnet i brunnen kommer via utloppsröret att rinna ner genom botten och infiltreras genom gruset runt brunnen. Blir flödet så stort att vattnet inte hinner infiltreras kommer vattnet att flöda över genom nödutloppet som ansluts till befintligt dagvattensystem (Figur 18). Finns inget dagvattensystem kan brunnen givetvis utföras utan nödutlopp.



Figur 18. Infiltrationsbrunn med sandfång. Källa: www.alfaror.se.

Förutsättningar

Bygghöjder varierar beroende på val av magasin, mängd dagvatten som ska fördröjas, platsens förutsättningar och trafikbelastning. Generellt behövs en överbyggnad med tätskikt, dräneringsskikt och beläggning. Rörmagasin finns i dimensioner från 200-1500mm (även större). Dagvattenkassetter kan staplas på höjd eller läggas i bara ett lager, höjd från 400mm. Dimensioner för infiltrationsbrunnar varierar, för brunn i Figur 18 är brunnshöjden 2100mm.