Levande gaturum

- en handbok i Blågröngrå system

edge

Uppsala kommun

Utgivare: *edge*
Utgivningsdatum: 2019-12-20
Version: 1.1
Revideringsdatum: 2020-01-30
Text: Anna Thynell, Kent Fridell, Frida Bruhn, Johan Fors *edge*
Illustrationer och layout: Martin Vysoký, Hanna Centervall, Susanne Sixtensson *edge*
Foto: *edge*, om inget annat anges
Ansvariga för utgivningsversionen: Anna Thynell, Kent Fridell *edge*
Referensgrupp: Örjan Stål *Viös*, Björn Embrén *Arbor Konsult*, Erik Simonsen *Cementa,* Erik Larsson *Malmö stad*
© 2020 författare och illustratörer

Handboken är framtagen av edge i samarbete med Uppsala, Malmö, Lund, Norrköping, Helsingborg, Nacka, Växjö och Karlskrona kommun.
Materialet får fritt citeras med angivande av källa. Bildmaterialet får användas med angivande av källa och illustratör.

Förord

I den moderna stadsmiljön, där mycket ska få plats på en liten yta, har vi kommit långt från vattnets naturliga kretslopp. Där träd tidigare hade plats att breda ut sina rötter och regnvatten kunde sippra ned genom markytan har decennier av stadsbyggande skapat miljöer som domineras av ogenomsläppliga ytor och täta överbyggnader. I en sådan miljö råder det brist på både växtbäddsvolym och naturlig hantering av nederbörd.

Att bortse från omständigheter som är viktiga för vegetation och dagvattenhantering när man planerar stadsmiljöer orsakar en rad kostsamma problem. Höga flöden och översvämningar varvas med torkskador och rötter som förstör konstruktioner då de söker efter bättre förutsättningar. Fortsatt expansion och förtätning av städerna skapar större volymer dagvatten samtidigt som behovet av att ersätta befintliga ledningar ökar. Dessutom tillkommer klimatförändringar, höjda krav på rening och bättre kontroll på bräddning.

För att möta komplexiteten i dagens och framtidens stadsmiljöer behövs smart infrastruktur, med ytor som kan tillgodose flera syften samtidigt. Att anlägga separata lösningar för varje funktion blir alltför kostsamt och utrymmeskrävande. Istället måste dagvattenhantering och växtbäddar samsas med hårdgjorda ytor och de krav på bärighet och trygg miljö som dessa för med sig. På så sätt skapas en grönare och mer attraktiv stadsmiljö med lägre risk för översvämning och minskade konsekvenser vid torka. Man tar ett steg mot en mer hållbar stad som är bättre rustad för framtidens utmaningar.

”Det krävs ett helt nytt sätt att tänka för att lösa de problem som vi skapat med det gamla sättet att tänka”
- Albert Einstein

Tack

Författarna och medarbetarna bakom handboken skulle vilja skicka ett stort tack till Uppsala, Norrköping, Växjö, Lund, Nacka, Helsingborg, Karlskrona kommun och Malmö stad som har bidragit med finansieringen och konstruktiv feedback. Utan er stora support hade inte handboken blivit en realitet.

Vi vill också tacka referensgruppen som har bestått av Örjan Stål (VIÖS), Eric Simonsen (Cementa), Erik Larsson (Malmö stad) och Björn Embrén (Arbor Konsult). Ni har bestått med mycket bra erfarenheter och synpunkter på handbokens innehåll, upplägg och foton.

Ett tack vill vi också ge Stockholm stad för att ha bidragit med foton och delgett oss sin erfarenhet.

Vi vill även rikta ett stort tack till vårt företag edge som har stöttat oss både finansiellt men också med stöd och resurser vilket har varit mycket viktigt för slutresultatet av handboken.

Kent Fridell

Innehåll

1. Handbokens syfte 6

2. Begrepp och definitioner 8
2.1 Läshänvisningar 9

3. Bakgrund 10

4. BGG-systemets funktioner 14
4.1 Trafikbelastning 14
4.2 Fördröjning av dagvatten 15
4.3 Växtbädd 16
4.4 Rening av dagvatten 16

5. Plan- och programskede 18
5.1 Förutsättningar och mål 18
5.1.1 Snabbanalys 18
5.1.2 Exempel på utförande av snabbanalys 19
5.2 Koncept och Programhandling 20
5.3 Projektvägledning 21
5.4 Lathund 22
5.5 Dagvattenutredning 24
5.5.1 Krav på rening och fördröjning av dagvatten 25
5.6 Geoteknisk undersökning 25
5.7 Ledningskontroll 26
5.8 Projektsamordning och ekonomi 27

6. Detaljprojektering 28
6.1 Inför detaljprojektering 28
6.1.1 Typritningar 28
6.1.2 Ritningar och dokument 29
6.2.3 Höjdsättning 29
6.1.4 Ledningar och konstruktioner 30
6.1.5 Anläggningsprocessen 31
6.2 Öppet förstärkningslager 32
6.2.1 Utbredning 36
6.2.2 Öppet förstärkningslager i AMA 36
6.2.3 Packning av öppet förstärkningslager 36
6.2.4 Placering av sammanhängande stråk 36
6.2.5 Avbrott 38
6.2.6 Styrning av vattenflöde 38
6.3 Konstruktioner i marknivå 43
6.3.1 Tät hårdgjord yta (A) 44
6.3.2 Dränerande hårdgjord yta (B) 44
6.3.3 Träd i hårdgjord yta (C) 46
6.3.4 Regnbädd (D) 48
6.3.4.1 Inlopp 49
6.3.5 Täckt regnbädd 50
6.3.6 Vegetationsyta (E) 52
6.4 Material 54
6.4.1 Makadam till öppet förstärknings-lager 54
6.4.2 Geotextil 55
6.4.3 Biokol 55
6.4.3.1 Biokol och andra jordförbättrande preparat i BGG-system 55
6.4.4 Växtsubstrat 56
6.5 Avvattningsprinciper 57
6.5.1 Perkolation till terrassen 57
6.5.2 Dränering 58
6.5.3 Artificiell grundvattenzon 58
6.6 Komponenter i BGG-system 58
6.6.1 Styrningsbrunnar 58
6.6.2 Luftdagvattenbrunnar 59
6.6.3 Luftbrunnar 59
6.6.4 Placering av brunnar 59
6.6.5 Dagvattentunnlar 59
6.6.6 Brunnsfilter 59
6.7 Vegetation för BGG-system 60
6.7.1 Etablering 62
6.8 Utmaningar 64
6.9 Effekter 66

7. Dimensionering 70
7.1 Dimensionerande flöde 70
7.2 Tömningshastighet 71
7.3 Fördröjningsvolym 71
7.3.1 Beräkningsexempel: magasin 71
7.3.2 Beräkningsexempel: fördröjningszon 72
7.4 Växtbäddsvolym 72
7.4.1 Beräkningsexempel: växtbäddsvolym 72
7.5 Reningsgrad 72

8. GIS för BGG-system
8.1 Geografisk information 73

9. Referenser 74

Bilagor

1. Utförandebeskrivningar
2. Drift- och underhållsmanual
3. Grävningsmanual
4. Komponent- och materiallista

Handbokens syfte

Blågröngrå (BGG) är ett begrepp som syftar på integrering av funktioner inom dagvattenhantering (det blå), vegetation (det gröna) och hårdgjorda ytor (det grå). Den här handboken är framtagen för att beskriva system för urbana miljöer där blå, gröna och grå funktioner samverkar på samma plats och i samma volym. Sådana system kan hantera trafikbelastning, dagvattenflöden, föroreningar, är resilienta mot klimatförändringar och kan samtidigt ge vegetation generöst med plats under mark. På så sätt får man många fördelar på liten yta och kostnaden blir lägre än om olika funktioner hanteras med olika lösningar i olika ytor.

Förutsättningarna för att utforma och anlägga BGG-system är olika beroende på vilken typ av gatumiljö som är aktuell. Ytterstadsområden erbjuder till exempel andra förutsättningar för dagvattenhantering, trafik och grönska än vad innerstadsområden gör, men det är ofta i innerstaden som behoven av mångfunktionell infrastruktur är som störst.

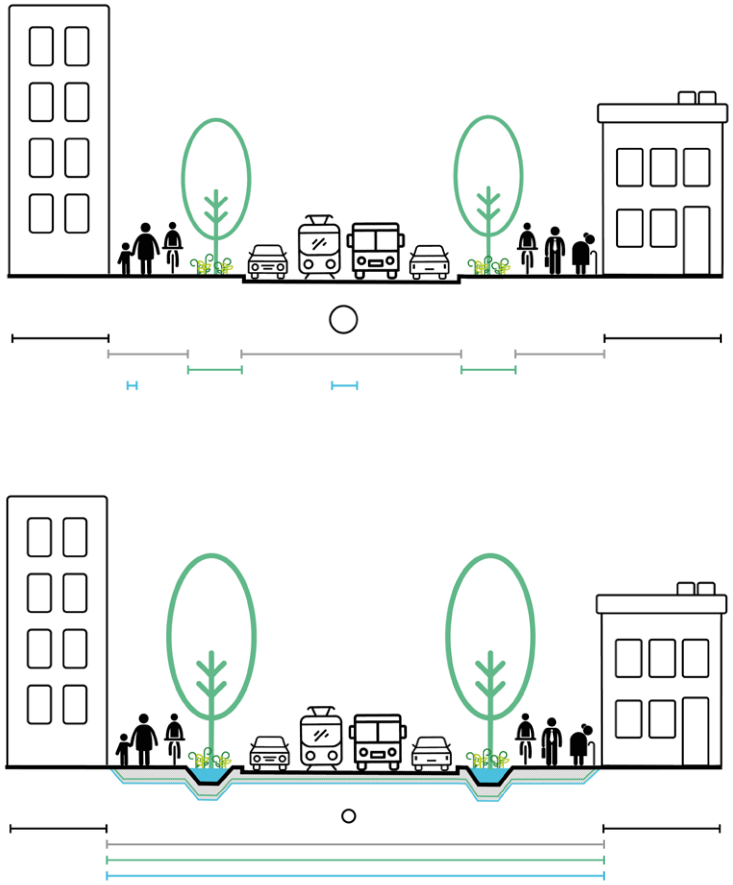
I befintlig miljö är det mest realistiska scenariot att utgå ifrån gatans funktionskrav, bredd, trafik, ledningar etc. för att finna plats för öppna förstärkningslager och konstruktioner som kan ingå i BGG-system. Det blir således ofta utrymmet som styr hur stora volymer som kan fördröjas, istället för fördröjningsbehovet i sig.

Regnbädd som är estetiskt attraktiv samt filtrerar och fördröjer dagvatten. Strandbogatan, Uppsala
Foto: Rasmus Elleby

I exploateringsområden finns stora möjlighet att börja integrera BGG-system i planeringsskedet vilket skapar större valfrihet.
Handboken riktar sig till de som planerar, bygger och förvaltar gaturum med BGG-system, framförallt projektledare och projektörer. Här finns ingående förklaringar och konkreta tillvägagångssätt som man kan ha nytta av genom ett helt BGG-projekt. Det läggs stort fokus på både planering, dimensionering, val av åtgärd och själva projekteringen. Kompletterande bilagor med praktiska beskrivningar av anläggning, drift och underhåll samt grävning inom BGG-system hör också till handboken. Typritningar över systemet och dess konstruktioner finns att tillgå vid förfrågan. Handboken ger därmed kunskap att utforma och sköta system för olika syften och olika platser i staden.

BGG-systemen som beskrivs i denna handboken är anpassade för gaturum med trafikbelastningar upp till trafikklass 2 eller BK1. I sådan miljö handlar dagvattenhantering främst om förebyggande fördröjning och rening. Den fullständiga förvaltningskedjan för dagvatten har dock fler steg, med både förebyggande åtgärder på privat mark och samlad fördröjning i större skala innan utsläpp till recipient.

Just nu sker mycket inom området vilket kan komma att påverka utformningen av BGG-system varför handboken kommer att uppdateras allt eftersom kunskap och regelverk utvecklas. Se hemsidan www.bluegreengrey/edges.se för senaste version.



Figur 1. Överst visas ett gaturum där de blå, gröna och grå funktionerna hanteras med separata konstruktioner. Nedan visas samma gaturum efter införande av BGG-system som integrerar dagvattenhantering, vegetation och hårdgjorda ytor.

2 Begrepp och definitioner

Adsorption innebär att ett ämne löst i en vätska fastnar eller finns i anrikad form på ytan av ett fast material.

Avbrott syftar här på en avskiljande underbyggnad eller undergrund som delar upp stråk av öppet förstärkningslager i mindre enheter. Ett avbrott kan utformas som en vall.

Avjämningslager är ett lager av fin makadam som packas in i öppet förstärkningslager för att skapa en jämn yta. Exempelvis makadam 8/11 mm.

Bergkross är material av krossat berg som är vanligt förekommande vid anläggningsarbete.

BGG-system står för Blågröngrå system. Ett samlingsnamn för alla typer av konstruktioner som samutnyttjar volym för dagvattenhantering, växtbäddar och hårdgjorda ytor.

Biokol är ett poröst, kolbaserat material som blandas in i substrat för att förbättra dess egenskaper som rening, lagring av vatten och näring. Biokol kan näringsberikas vilket ger en näringsdepå i växtsubstratet för både växter och markliv.

Brunnar I denna handbok kommer flera typer av brunnar att beskrivas, se exempel i nästa spalt:

- ***Dagvattenbrunn*** är den komponent som är avsedd att samla upp dagvatten från hårdgjorda ytor.

- ***Luftbrunn*** är den komponent som bistår med gasutbyte mellan växtbädd under hårdgjorda ytor och atmosfären. En luftbrunn är oftast ca 1m djup och ansluts direkt mot det öppna förstärkningslagret.

- ***Luftdagvattenbrunn*** är en form av luftbrunn dit man även leder dagvatten. Denna brunn kopplas till exempelvis en spridarledning.

- ***Styrningsbrunn*** är den komponent som styr och reglerar dagvattenflödet inom BGG-system. Den fungerar även som bräddningsbrunn och bistår med gasutbyte.

Bräddning är när dagvatten svämmar över från en fylld anläggning till en brunn eller ledning.

Bärlager är den del av överbyggnaden som är mellan förstärkningslagret och slitlagret.

Cykelfartsgata är en gata där motorfordon och cyklister samsas om utrymmet, på cyklistens villkor.

Dagvatten är ytligt avrinnande nederbörd och smältvatten.

Dimensionerande regn är det regn som används för att dimensionera anläggningar avseende flöde, rening och fördröjningsvolym enligt Svenskt Vatten P110.

Dränerande överbyggnad är en överbyggnad med hög infiltrations- och perkolationskapacitet. Läs mer i avsnitt 6.3.2.

Enhet syftar här på stråk av öppet förstärkningslager mellan två avbrott.

Extremregn syftar här på regn som är större än dimensionerande regn eller större än VA-systemet kan hantera

Finmaterial syftar här på bergkross i fraktioner mindre än 2 mm.

Flexzon kallas det området i gaturummet som växelvis utgörs av t.ex. parkeringsfickor och vegetationsytor. Den anläggs ofta mellan körbana och GC-yta.

Fraktioner skrivs i handboken utan enhet, men avser ett storleksintervall i mm.

Fördröjningszon är ett litet dagvattenmagasin ovanpå en regnbäddsyta.

Geomembran är en duk som hindrar vatten från att tränga in eller ut ur en konstruktion. Det kan utgöras av olika material såsom gummi eller bentonitlera.

Geotextil är en materialavskiljande duk som förhindrar att små partiklar migrerar.

GIS (geografiskt informationssystem) är datorbaserade system för insamling och behandling av geografisk data.

Hydraulisk konduktivitet är ett mått på genomsläppligheten i ett substrat.

Infiltration är vattnets rörelse genom markytan.

Inlopp syftar här på alla typer av komponenter som leder vatten in i regnbädden.

Komponent syftar här på element eller beståndsdel som ingår i konstruktioner, t.ex. brunnar, geotextil och inlopp.

Kornstorleksfördelning är den procentuella fördelningen av mineralpartiklars storlek i en jord eller bergkross. Redovisas ofta i tabell eller kornfördelningskurva, även kallad siktkurva.

Makadam är krossat bergmaterial och syftar här på fraktioner mellan 2 och 90 mm. Förekommer i olika fraktionsspann, t.ex. 2/4, 8/16, 16/32, 16/90 och 32/90.

Mindre regn syftar på 1-2 årsregn som ofta används vid dimensionering av rening

Perkolation är vattens rörelse i substrat.

Regnbädd är en nedsänkt vegetationsyta med fördröjningszon för omhändertagande av dagvatten. Läs mer i avsnitt 6.3.4.

Rotzon syftar här på den volym där rötter förväntas växa.

Samkross är krossat bergmaterial i fraktioner mellan 0 och 200 mm.

Stadsvatten är ett samlingsnamn för vatten som genereras i en stad och som kan återanvändas/nyttjas. T.ex dränerings-, tak- och dagvatten samt vissa typer av gråvatten.

Slitlager är det översta lagret i en överbyggnad, som utsätts för trafik. Ofta ingår sättlager i benämningen slitlager.

Stenmjöl är krossat bergmaterial i fraktioner från 0 till 8 mm.

Stråk syftar här på långa, sammanhängande partier av öppet förstärkningslager.

Terrass är den yta på underbyggnad eller undergrund på vilken överbyggnad för vegetationsytor och hårdgjorda ytor anläggs.

Träd i hårdgjord yta syftar här på en konstruktion för trädplantering med hårdgöring ovan växtbädden. Läs mer i avsnitt 6.3.3.

Täcklager är ett ytligt makadamlager för att minska avdunstning, erosion och ogräsuppslag.

Underbyggnad är den del av markanläggning som ligger mellan undergrund och terrass.

Undergrund är orörd del av marken under terrass och underbyggnad.

Vegetationsyta syftar här på en vegetationsyta anlagd på öppet förstärkningslager där tillrinnande dagvatten ej leds till ytan ovanifrån (vilket det gör i en regnbädd). Istället leds dagvattnet via en brunn till det öppna förstärkningslagret där vegetationen kan tillgodogöra sig vattnet. Läs mer i avsnitt 6.3.6.

Växtbädd syftar här på den volym där rötter förväntas växa. Se rotzon.

Växtjord syftar här på A- och B-jord enligt AMA anläggning 20, eller en befintlig jord.

Växtsubstrat syftar här på framställda bergkross- eller sandbaserade substrat med syfte att uppnå specifika fysikaliska krav, t.ex. genomsläpplighet.

Överbyggnad är den del av markanläggningen som påförs terrassen. Avser hela konstruktionen för t.ex. en hårdgjord yta eller växtbädd.

Öppet förstärkningslager är ett förstärkningslager bestående av makadam. Även kallat luftigt eller dränerande förstärkningslager.

2.1 Läshänvisningar

För den som vill ha en komplett genomgång av Blågröngrå system rekommenderas det att läsa samtliga kapitel i handboken.

För den som är införstådd med systemet och ska arbeta med projekt i planskeden kan läsning påbörjas i kapitel 5.

För den som är införstådd med systemet och ska börja projektera när en dagvattenutredning och programskede redan är gjord kan läsning påbörjas i kapitel 6.

För dig som är entreprenör och införstådd med systemet kan läsning påbörjas i ***Bilaga 1.***

Vi hänvisar till olika skrifter i handboken och utgår ifrån att text som finns i dessa inte behöver upprepas här. För vidare läsning se källförteckning.

Regnbädd och träd i hårdgjord yta mellan körfält och cykelbana. Strandbogatan, Uppsala

3 Bakgrund

Utvecklingen av våra gaturum har pågått under lång tid. Sedan bilens intåg i våra städer har behovet av gator och parkeringsplatser ökat kraftigt. Ytor för de mer hållbara transportslagen i form av gång- och cykelbanor behöver också få plats i gaturummet. Ovan mark leder detta till en kamp om utrymmet när även god trafiksäkerhet, lågt underhåll och god bärighet ska tillgodoses. Även under mark är utrymmet en bristvara då ledningar för allt från VA och el till belysning och fiber ska samsas. Med dessa förutsättningar är det lätt att förstå att utrymmet för vegetation och möjligheten till naturlig hantering av nederbörd i staden blir knapp.

När klimatet succesivt förändras med längre torrperioder, högre temperaturer och fler kraftiga regn som följd ökar vattenflödena avsevärt. Regnen orsakar höga dagvattenflöden som vårt konventionella ledningsnät inte alltid klarar av och risken för översvämningar och otillräcklig rening har ökat. Konsekvenserna blir svåra och kostsamma för både individen och för samhället.

Den stora variationen i vattentillgång gör det också problematiskt för stadens vegetation. Det kan vara brist på vatten under perioder och när det plötsligt uppstår kraftiga flöden leds dagvatten bort via ledningssystemen utan att växternas behov uppfylls. Ytterligare ett problem är det låga gasutbytet som kan uppstå i packskadade växtbäddar och under täta överbyggnader. Rötterna utsätts för både syrebrist och höga koldioxidhalter, vilket resulterar i dålig utveckling hos vegetationen. Istället för att bilda ett djupt finförgrenat rotsystem skapar träden ytliga, stora rötter som växer till utrymmen med bättre tillgång på syre, fukt och näring. Detta leder till att rötter förstör markbeläggning och orsakar stopp i avlopps- och dräneringsledningar.

Översvämning av hårdgjorda ytor med konventionell uppbyggnad och dagvattenhantering, Folkets park i centrala Malmö.

Skador på beläggning orsakade av rötter p.g.a. otillräcklig växtbäddsvolym.

Översvämning av gång och parkyta med konventionell uppbyggnad, Kungsgatan i Malmö.

Det senaste decenniet har växtbäddsmaterial baserat på bergkross med mycket låg andel finmaterial med inblandning av biokol och kompost börjat användas. Till bakgrund för detta ligger studier av trädrötter som frodats i bergkross utan finmaterial i rörgravar och banvallar samt studier på extremt bördig jord i Amazonas som innehåller en hög andel träkol. Egenskaper i bergkross med mycket låg andel finmaterial har visat sig väldigt lämpliga då de skapar gynnsamma förhållanden med både bra gasutbyte och hög genomsläpplighet för vatten, utan risk för vattenmättnad och de bibehåller sin luckra struktur trotts tuff behandling i den moderna byggprocessen. I sådana förhållanden bildar växterna ett friskt, finförgrenat rotsystem vilket lägger grunden för både vacker och motståndskraftig vegetation och en bättre vattenrening. Porositeten i materialen bibehålls även efter packning så att det går att uppnå tillräckligt hög bärighet för att klara trafikbelastning. Genom att utveckla användandet av dessa bergkrossbaserade växtbäddar och dagvattenmagasin har BGG-system tagits fram för optimalt utnyttjande av gaturummet.

Nyckeln till ett BGG-system är att bygga upp ett förstärkningslager med hög porositet och god bärighet och integrera detta med ett nytt styrsystem för dagvatten.

Det öppna förstärkningslagret sammankopplas med olika konstruktioner i marknivå som kan tillfredsställa krav på gaturummet, till exempel grönska eller

BGG-system bidrar till bättre dagvattenhantering genom att:

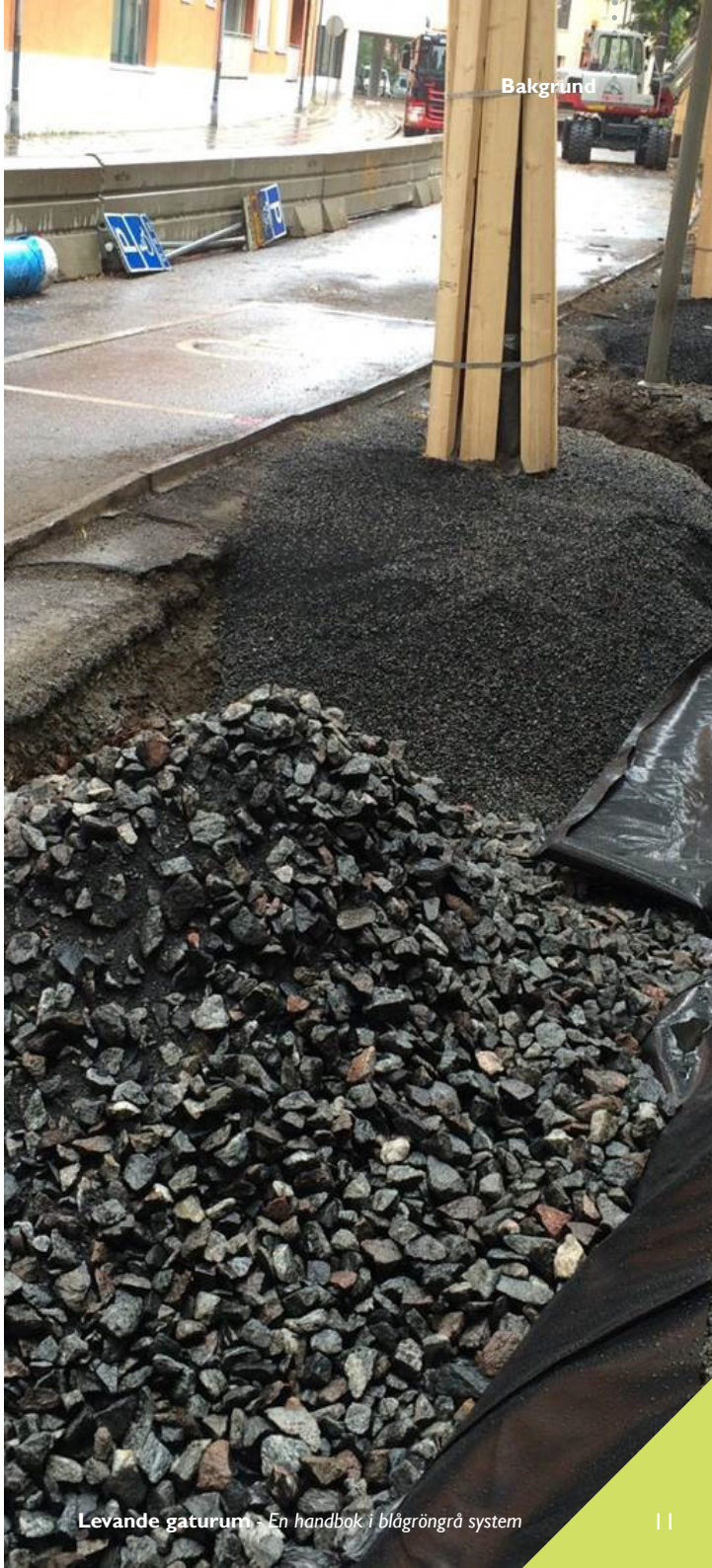
- **Utjämna dagvattenflöden**
- **Minska risken för översvämningar**
- **Avlasta ledningsnätet**
- **Rena dagvattnet**

BGG-system bidrar till bättre förutsättning för vegetationen genom att:

- **Skapa stor växtbäddsvolym**
- **Möjliggöra gasutbyte i växtbäddar**
- **Öka tillgången till vatten**
- **Skapa en bra miljö med hög biologisk aktivitet**

Andra fördelar med BGG-system:

- **Skapar estetiska och attraktiva gaturum**
- **Sänker temperaturen i gaturum och därmed minskar energibehovet för att kyla fastigheter**
- **Kan utnyttja tak- dränerings- och gråvatten till bevattning**
- **Kan fylla på grundvattnet**
- **Fungerar som kolsänka**



Konstruktion med öppet förstärkningslager med biokol, vilket fungerar som växtbädd och magasin för dagvatten. Stockholm.

parkeringsmöjlighet. Resultatet blir ett system som både kan fördröja och rena dagvatten och gynna vegetation samtidigt som markytan kan belastas och användas på ett flexibelt sätt. BGG-system ändrar bilden av dagvatten från ett problem till en resurs som gör staden mer estetiskt tilltalande och höjer dess ekologiska värden.

BGG-system kan utformas på många olika sätt. Gemensamt för konstruktionerna på de kommande bilderna är att de alla anlagts på ett öppet förstärkningslager, vilket fungerar som både dagvattenmagasin och växtbädd samt uppfyller krav för anpassad trafikklass. Utformningen har valts utifrån gatuutrymmets förutsättningar, syftet med ytan samt behovet av rening och fördröjning av dagvatten.

Bakgrunden till denna handbok bygger på mångåriga fältförsök och forskning inom området VA-hantering och vegetation för att få en mer hållbar dagvattenhantering för främst urban miljö. Starten till att integrera VA och gröna ytor initialiserades i Sverige främst från Peter Stahre under 1990-talet. Under samma tidsperiod började Svenskt Vatten finansiera flera grundläggande försök och forskningsprojekt, exempelvis forskningen om trädrötter och VA-ledningar. År 2009 släppte Stockholm stad sin första version av ”Handbok för Växtbäddar”. Deras handbok tillsammans med två forskningsstudier (2015 och 2017) i Vinnova-projektet ***Klimatsäkrade Systemlösningar för Urbana ytor*** med tester på öppna förstärkningslager gjorde att utvecklingen av BGG-system tog fart i Sverige. Handboken du nu ska komma att läsa är den senaste produkten av en utveckling och kunskapssammanställning inom detta ämnesområde.

Dränerande beläggning och vegetationsyta på öppet förstärkningslager. Campusområdet, Vellinge

Vegetationsyta på ett stråk av öppet förstärkningslager. Eksätravägen, Stockholm.

Smal och grund regnbädd samt gc-yta på öppet förstärkningslager. Perstorpsgatan, Vellinge.

Parkering, träd i hårdgjord yta och regnbädd på ett stråk av öppet förstärkningslager. Strandbogatan, Uppsala.

Regnbädd på stråk av öppet förstärkningslager. Strandbogatan, Uppsala.

Regnbäddar och hårdgjorda ytor på ett stråk av öppet förstärkningslager. Campusområdet, Vellinge.

Enskilda regnbäddar på öppet förstärkningslager. Rundelsgatan, Vellinge.

Cykelparkering med dränerande beläggning på öppen överbyggnad, som utgör magasin för dagvatten och växtbädd. Södervärn, Malmö.

Träd i hårdgjord yta på stråk av öppet förstärkningslager. Liedbergsgatan, Växjö.

4 BGG-systemets funktioner

I det här kapitlet ges en översiktlig beskrivning av BGG-systemets funktioner. Eftersom systemet kan utformas och dimensioneras på ett flexibelt sätt kan det anpassas till just den grad av olika funktioner som behövs på den aktuella platsen.

4.1 Trafikbelastning

BGG-system kan både fördröja och rena dagvatten och samtidigt fungera som växtbädd. Det som gör systemet särskilt användbart är att det kan uppnå dessa effekter och fortfarande klara trafikbelastningen avseende bärighet och intensitet. Det går därför att använda systemet i vanliga gaturum där gående, cyklister och motorfordon vistas.

I denna handbok beskrivs konstruktioner som är testade upp till trafikklass 2 eller bärighetsklass 1. Belastningsstudier med och utan vatten i överbyggnaden har utförts och utvärderats i Vinnovaprojektet *Klimatsäkrade systemlösningar för urbana ytor.* Om en kran eller kranbil ska ställas upp på en överbyggnad med öppet förstärkningslager ska en flackare friktionsvinkel användas vid beräkning av bärighet. Det är av yttersta vikt att terassen är stabil, framtida sättningar härrörs ofta till undermåttlig terrass eller packning under anläggning.

För trafikklass 2-4 se Svensk Markbetongs skrift *Fördröjning av dagvatten med dränerande markstensbeläggning.*

För förtydligande av Figur 2 se även avsnitt 6.2 Figur 11-14, sid. 32-35

Figur 2. Exempel på gaturum med BGG-system förlagd i flexzon. Det blå området symboliserar ett öppet förstärkningslagret som här ligger i ett stråk utmed hela gatan. På markytan varvas hårdgjorda ytor med regnbäddar, vegetationsytor och träd på valfritt sätt. På detta sätt ges stora möjligheter till hantering av dagvatten samtidigt som gaturummet kan utformas flexibelt.

4.2 Fördröjning av dagvatten

Förstärkningslagret i ett BGG-system utgörs av bergkross där de mindre fraktionerna har sållats bort vilket ger stora hålrum som vatten och luft kan flöda genom. Hålrummen ger materialet en porositet på 30-40% så att upp till 400 liter vatten per kubikmeter öppet förstärkningslager kan omhändertas. Eftersom hålrummen är större än i konventionella markmaterial har BGG-system hög hydraulisk konduktivitet för vatten- och gasutbyte. Detta skapar möjlighet att styra vattnets flöde inom systemet och att tappa av det till det konventionella ledningsnätet på ett kontrollerat sätt. Förutom fördröjning i det öppna förstärkningslagret kan systemet utformas med regnbäddar där dagvatten kan fördröjas i fördröjningszonen.

BGG-system utformas och dimensioneras olika beroende på hur stora dagvattenvolymer de är tänkta att hantera men principen med öppna förstärkningslager bygger på traditionella dagvattenmagasin. Styrningen av systemet är flexibelt och man kan bestämma om det ska hantera ett mindre regn (1-2 årsregn), dimensionerande regn (10-30 årsregn) eller extremregn. Det kan även regleras för flöden däremellan. Dagvatten tas hand om genom att det leds till det öppna förstärkningslagret via till exempel brunnar, dränerande beläggning eller regnbäddar. Vid måttliga dagvattenmängder finns goda möjligheter till rening i samband med fördröjningen.

När reningsbehov av dagvatten inte är styrande kan dagvatten från mindre regn ledas direkt till det konventionella ledningsnätet så att magasinen i BGG-systemet kan ta emot överskott från större regn som ledningsnätet inte har kapacitet att avleda. På så sätt kan översvämningar undvikas. System anpassade för större regn har mer fokus på fördröjning.

Om ovanliggande konstruktioner kopplas ihop med öppet förstärkningslager kan det klara av både rening av mindre regn och fördröjning av kraftiga regn beroende på hur styrningen av flöden utformas.

Om BGG-systemet anläggs med vegetation kan stadsvatten (dvs. gråvatten, takvatten och dräneringsvatten från närliggande byggnader) användas för bevattning. Det leder till bättre förutsättningar för vegetationen och mikrolivet samtidigt som det avlastar ledningsnätet. Gråvatten, alltså vatten från hushållens dusch och tvätt, kan användas för bevattning om det genomgått lämplig förbehandling. Detta ger vegetationen stor tillgång till vatten även under perioder med lite eller ingen nederbörd. Dessutom avlastas avloppsnätet och man slipper använda dricksvatten för bevattning. För mer information om utformning av BGG-system se kapitel 6.

Om tak- dränerings- och gråvatten ska ledas till BGG-systemet bör ansvarsfördelning beaktas. För avledning av gråvatten behövs tillstånd från exempelvis Länsstyrelsen som vägleder kommunernas miljötillsyn enligt miljöbalken.

Regnbädd som fördröjer och renar dagvatten under en regnskur. Strandbogatan, Uppsala. Foto: Rasmus Elleby

Inlopp till regnbädd med sandfångskar. Strandbogatan, Uppsala. Foto: Rasmus Elleby.

4.3 Växtbädd

De gröna delarna av en växt använder koldioxid och vatten i sin fotosyntes vilket skapar kolhydrater och syre. Under mark sker ingen fotosyntes utan en respiration, vilket är en nedbrytning av kolhydrater och därför förbrukar växtrötter syre och kolhydrater och avger koldioxid istället. För höga nivåer av koldioxid leder till att rötternas funktion och tillväxt avtar, det är dessutom giftigt för rötterna och orsakar skador på växter mycket snabbare än torka gör. Det är alltså mycket viktigt att gasutbytet i marken är välfungerande. Traditionella urbana växtbäddar kan dock vara relativt täta och har därför lågt gasutbyte och vatteninfiltration.

Genom att gynna växternas rötter skapas goda förutsättningar för frisk och frodig vegetation och ett rikt mikroliv i det urbana gaturummet.

En större volym växtbädd resulterar i att kan träden växa sig större i gaturummet. Detta medför större påverkan på mikroklimatet då till exempel stora och täta trädkronor bidrar till bättre upplevd temperatur. Regn som faller på trädens blad väter i första hand dessa och en stor andel avdunstar utan att någonsin ha nått marken. Med tiden kommer mängden regnvatten som fångas upp av kronorna på detta sätt bli en extra fördröjning av dagvattnet. Processen kallas interception och har upplevts av alla som någon gång tagit skydd från regn under ett stort träd. Frodig grönska ger även flera fördelar för klimatet och människorna. Högre andel vegetation i staden leder till exempel till minskad vindintensitet, lägre temperatur och rikare djurliv. Det ger också vackrare och mer trivsamma gaturum!

4.4 Rening av dagvatten

Rening av dagvatten sker på flera sätt inom BGG-system. Partiklar som dras med av vattnet samlas upp i sandfång, dagvattentunnlar och det öppna förstärkningslagret. Genom att vattnets flödeshastighet då minskar sjunker partiklarna till botten, så kallad sedimentering. Mindre partiklar kan fångas upp när vattnet filtreras genom substrat i regnbäddar och det öppna förstärkningslagret.

För att förbättra det öppna förstärkningslagret och regnbäddarnas funktion som dagvattenfilter används ibland biokol, pimpsten och kompost. Dessa produkters porösa struktur, stora yta och kemiska egenskaper gynnar både vegetation och mikroorganismer genom att hålla kvar vatten och näring. Näring och föroreningar i dagvattnet kan till viss del bindas till biokolet istället för att dräneras bort. Med bättre förutsättningar bildas en effektivare symbios där växter förser mikroorganismer med kolhydrater och i gengäld får hjälp att ta upp näringsämnen och vatten. Mikroorganismerna kan dessutom bryta ned en del föroreningar och bidrar på så sätt till vattenreningen. Detta är ett naturligt sätt att behandla vatten, med en process som efterliknar reningen i mark och vattendrag och som resulterar i mer välmående vegetation.

För att rena vattnet från komplexa, organiska föroreningar kan man anlägga en zon i botten av BGG-systemet där vatten blir stående en längre tid. De syrefria förhållanden som då uppstår gynnar bakterier med förmåga att bryta ner föroreningarna till enklare, mindre skadliga ämnen. I syrefria förhållanden kan även bakterier som omvandlar kväveföreningar till kvävgas förekomma. Processen kallas denitrifikation och leder till mindre mängd näring i dagvattnet vilket i sin tur minskar övergödningen.

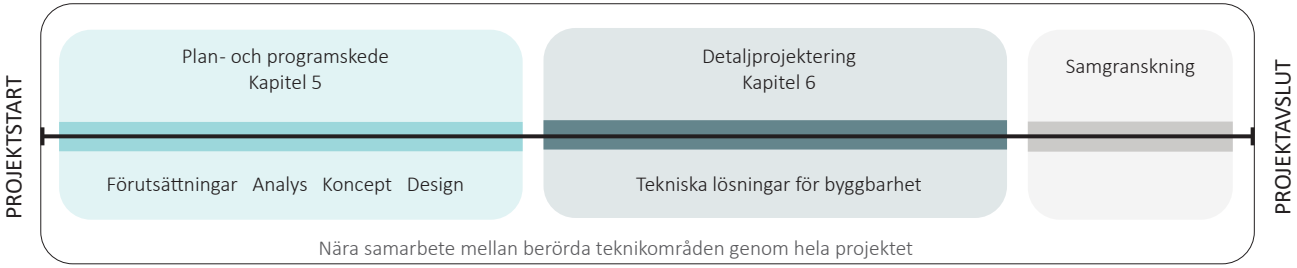
Rundelsgatan i Vellinge före ombyggnad med BGG-system.

Rundelsgatan i Vellinge efter ombyggnad med BGG-system och konstruktionen regnbädd

5 Plan- och programskede

I det här kapitlet beskrivs de förarbeten och undersökningar som bör ligga till grund för utformning av BGG-systemet för att ge goda möjligheter att utforma och anlägga ett effektivt system och ett vackert gaturum. Även om man ska ta vid arbetet efter ovan process kan det vara bra att gå igenom detta kapitel och checka av att allt är utfört och på önskad nivå.

Figur 3. Schematisk tidslinje, och kaptelindelning i handboken, för ett byggnadsprojekt



5.1 Förutsättningar och mål

Platsens och projektets förutsättningar är avgörande för systemets utformning. Beroende på om systemet anläggs i inner- eller ytterstadsområde skiljer sig både krav på systemet och utrymme att anlägga det. Om systemet anläggs inom ett exploateringsområde eller i befintlig urban miljö påverkar också förutsättningarna.

BGG-system kan utformas på en rad olika sätt beroende på vilka mål som finns med anläggningen. System som är anpassade för att skapa en effektiv dagvattenhantering vid stora regn dimensioneras annorlunda än system med fokus på vital vegetation och rening av mindre regn.

Hur gaturummet ska användas är viktigt för utformning av BGG-system. Gångfartsgata, cykelfartsgata, lokalgata, uppsamlingsgata eller huvudled medför olika trafikbelastning och design av gaturummet. Storlek på avrinningsområde har betydelse för vilket system som bör anläggas. Utrymme för växtbäddar, ledningsstråk, parkeringsplatser och belysningsstolpar med mera måste tas i beaktande.

BGG-system drivs av gravitationskraften och måste därför samspela med höjdsättningen i avrinningsområdet. För stora lutningar innebär begränsningar eftersom de leder till hastiga vattenflöden som kan bli svåra att styra och fånga upp. Stor lutning innebär även minskad fördröjningskapacitet i dagvattenmagasin. Eftersom vattennivån inte lutar med magasinet, utan ställer sig horisontellt, fylls bara den lägst liggande delen upp med vatten och man går miste om stor magasinsvolym. Lutningar större än ca 5% kräver därför speciallösningar som faller utanför ramen för den här handboken. Alternativt kan enskilda konstruktioner anläggas.

Systemet som beskrivs i den här handboken bör inte utsättas för mer än trafikklass 2 eller bärighetsklass 1. I ett gaturum med vägar som har högre trafikklass finns ofta möjlighet att anlägga systemet under till exempel flexzoner, vegetationsytor eller gång- och cykelbanor.

5.1.1 Snabbanalys

Innan man går in i ett plan- eller programskede bör man göra en snabbanalys för att säkerställa att grundförutsättningarna finns för att skapa ett BGG-system. Det är inte säkert att man i ett så här tidigt skede får svar på de krav och önskemål som kan finnas för projektet, men snabbanalysen ska då ändå ses som en hjälp för att kunna göra rimliga antaganden för om det går att realisera ett BGG-system. Om uppgifter kring någon av grundförutsättningarna saknas i detta skede är det en bra start att börja med dem i ett nästa skede av projektet.

Det är svårt att redogöra för endast ett tillvägagångssätt att utföra en snabbanalys på, då detta styrs av aspekter så som projektets karaktär, tidigare erfarenheter, vilken information som finns om platsen och projektet etc. Vi redovisar här därför två exemepel på tillvägagångssätt/ordningsföljd för utförande av snabbanalysen. Ett sätt är att ta hjälp av *"Lathund för utformning av BGG-system"* som finns i kapitel 5.4, sid. 22 i handboken. Det andra tillvägagångssättet för snabbanalysen beskrivs på sid.19 i handboken.

5.1.2 Exempel på utförande av snabbanalys

Höjdsättning:

Fråga: Är markens lutning >5% eller <5%?

Svar: >5%, Specialkonstruktion av öppet förstärkningslager krävs, alternativt kan enskilda konstruktioner anläggas.
Svar: <5%, ett sammanhängande stråk med öppet förstärkningslager kan anläggas.

Utrymme i plan:

Fråga: Finns det en bredd att tillgå i plan för att anlägga ett öppet förstärkningslager och ev. vegetationsyta som är för Högre kravnivå >2,5m och för Lägre kravnivå >2m?

Svar: Uppfylls ej ovan finns inte förutsättningar för att skapa ett BGG-system.

Låglinjer och lågpunkter

Fråga: Ligger låglinjer och lågpunkter i anslutning till plats för planerat stråk med öppet förstärkningslager?

Svar: Sammanfaller dessa ej med planerat stråk är det generellt sett ej möjligt att anlägga ett BGG-system.

Kravnivå:

Fråga: Vilken sammanvägd generell kravnivå finns för aspekter som fördröjning, rening, drift, bärighet, estetik och växtbäddar - Är kravnivån generellt högre eller lägre?

Svar: Följ respektive generell kravnivå vid granskning av utrymme.

Utrymme i tvärsektion:

Fråga: Finns det ett djup att tillgå för att anlägga ett öppet förstärkningslager på för Högre kravnivå >1,2m och för Lägre kravnivå >0,8m?

Svar: Uppfylls ej ovan finns inte förutsättningar för att skapa ett BGG-system.

Befintliga träd:

Fråga: Finns träd inom stråk för planerat BGG-system som ska bevaras?

Svar: Vid befintliga träd som ska bevaras - Finns det möjlighet att leda stråket/vattenflödet förbi dessa?

Generellt högre krav

Fördröjning: Omhändertagande av minst det dimensionerande regnet. Fördröjning enl. P110. 10-30 årsregn
Rening: Generell reningsgrad på ca 70-80%
Bärighet: Minst TK2 / BK1
Växtbäddsegenskaper: Större förmåga att hålla vatten och näring. Större växtbäddsvolymer. Högre krav på vitalitet hos vegetation.
Estetik: Exempelvis kantstöd av granit, undervegetation buskar och perenner
Drift och underhåll: Högre säkerhet mot driftstörningar som högre krav på komponenter i brunnar och inlopp. Täcklager kan utvecklas på alla vegetationsytor.

Generellt lägre krav

Fördröjning: Omhändertagande av minst det dimensionerande reningsregnet. 1-2 årsregn
Rening: Generell reningsgrad på ca 40-50%
Bärighet: Upp till TK2 / BK1
Växtbäddsegenskaper: Mindre förmåga att hålla vatten och näring. Mindre växtbäddsvolymer. Lägre krav på vitalitet hos vegetation.
Estetik: Exempelvis kantstöd av betong, undervegetation gräsyta med eventuellt inslag av buskar
Drift och underhåll: Normal säkerhet mot driftstörningar och krav på komponenter i brunnar och inlopp.

Exempel på öppen dagvattenlösning med regnbäddar i gata som lutar mer än 5%.
Oslo, Norge

5.2 Koncept och Programhandling

Redan i planskedet bör behovet av, och förutsättningarna för, BGG-system undersökas. På detta sätt lyfts systemets nödvändighet redan i ett tidigt skede så att olika teknikområden enklare kan samarbeta. Efter att en snabbanalys har utförts inhämtas ytterliggare information för att ta fram ett koncept/program. Ett antal utredningar behöver göras för att säkerställa att platsen uppfyller kraven för att skapa ett BGG-system. Framförallt är det utrymme i gaturummet och markens lutning samt eventuella krav på fördröjning eller rening som bör kontrolleras. Därefter görs en övergripande utformning och grov dimensionering av systemet, både ovan och under mark, som införs i gestaltningsprogram eller dylikt.

Det är viktigt att även beakta aspekten av arbetsmiljö. BGG-system placeras ofta i gatumiljö, vilket innebär att personal ska befinna sig i gatumiljö. När arbete och underhåll av BGG-system ska utföras kan det innebära, beroende på trafikmängd och hastighetsbegränsning, avstängning av gatan eller att TMA-skydd blir aktuellt.

Fastslå följande information för konceptet:

- Typ av gaturum som ska utformas.
- Gaturummets övergripande design, ex flexzon
- Typ av trafik (bilar, cyklar, gående etc.)
- Trafikbelastning ovan öppet förstärkningslager som ska tillgodoses.
- Gatans längslutning och lågpunkter.
- Önskad mängd vegetationsytor.
- Förekomst av källare i intilliggande byggnader.
- Behov av belysningsstolpar och andra fasta objekt.

5.3 Projektvägledning

Tillvägagångssättet för att projektera ett BGG-system skiljer sig inte mot konventionella system. Precis som för ett konventionellt projekt som föregåtts av planskede gör man på samma sätt när det kommer till BGG-system och går igenom samma punkter som från planskedet, men med högre detaljeringsgrad.

Nedan finns en punktlista som stöd under projektprocessen. Punktlistan hänvisar till olika kapitel i handboken för den som vill läsa mer.

- Finns det en höjdsatt utformningsplan?
  Behövs det tas fram förutsättningar för att göra en sådan? Läs mer om gaturummets förutsättningar på sid. 18.

- Finns det en dagvattenutredning?
  Läs mer om krav på rening och fördröjning på sid. 25, kapitel 5.5.
  Stäm även av mot: EU:s vattendirektiv, Natura 2000-område, Miljöbyggprogram, Svenskt vatten P110, Kommunens dagvattenpolicy, Detaljplan.

- Finns det en geoteknisk undersökning?
  Läs mer om geoteknik på sid. 25, kapitel 5.6.

- Välja BGG-system
  Läs mer i Lathunden på sid. 23, kapitel 5.4

- Var finns ledningsstråken eller var är det tänkt att de ska gå?
  Om möjligt försök etablera fredade ytor för BGG-systemen. Läs mer om ledningskontroll på sid. 26, Kapitel 5.7

- Trafikklass
  I denna handbok beskrivs konstruktioner som är testade upp till trafikklass 2 / BK 1. Läs mer om trafikklasser på sid. 14, kapitel 4.1 och Svensk markbetong, ***Fördröjning av dagvatten med dränerande markstensbeläggning.***

- Arbetsmiljö
  Vid arbete med/ underhåll av BGG-system i gatumiljö kan åtgärder behöva vidtas för personalens säkerhet. Läs mer om arbetsmiljö på sid. 20, Kapitel 5.2.

- Dimensionering av magasin
  Dimensionering av magasin, dvs. öppet förstärkningslager och fördröjningszon i regnbädd, kan göras enligt konventionell metod, förslagsvis Regnenvelopmetoden. Läs mer om magasin och fördröjningsvolym på sid. 71, kapitel 7.2 / 7.3

  Se även till att tillräcklig växtbäddsvolym uppnås, läs mer på sid. 72, kapitel 7.4.

- Dimensionering och utformning av flöden i komponenter
  Alla komponenter och material som påverkar flödet i systemet bör granskas avseende flödesintensitet och nivåer för vattengångar. Förutom att säkerställa flöde i ledningar måste även önskat bottenflöde i öppet förstärkningslager säkerställas. Läs mer om öppet förstärkningslager på sid. 30 och 44, kapitel 6.2 och 6.4

  Dimensionering av flöden kan göras enligt konventionell metod, förslagsvis Rationella metoden. Läs mer om Rationella metoden på sid. 70, Kapitel 7.1.

- Reningskrav
  Om reningskrav finns ska en reningssimulering utföras. Läs mer om reningsgrad på sid. 72, kapitel 7.5.

- Projekteringsförutsättningar?
  Ska projektet utföras i en eller två etapper? För förslag på tillvägagångssätt se kapitel 6 och ***Bilaga 1, Utförandebeskrivningar för BGG-system.***

5.4 Lathund

Lathundens syfte är att utifrån platsens förutsättningar och mål bidra med vägledning kring utformning av systemet, exempelvis om systemet ska vara stort, litet eller enskilt och vilka konstruktioner i marknivå som bör användas. Det blir också lättare att hitta till rätt typritning och utförandebeskrivning.

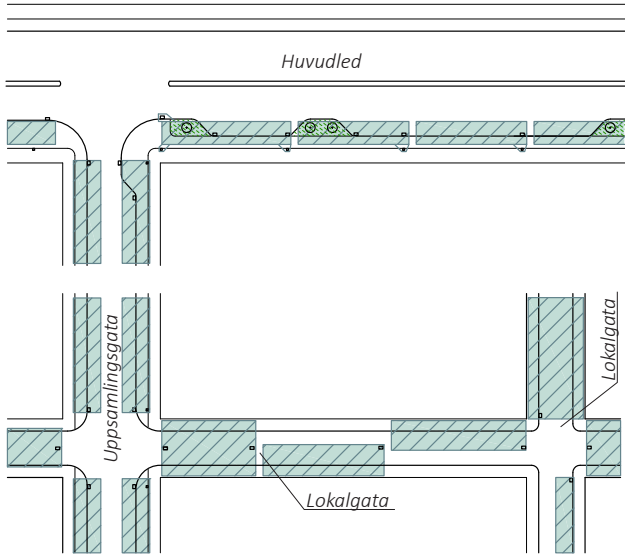
Lathunden leder fram till ett resultat i form av en siffer- och bokstavskombination. Siffran indikerar om ett sammanhängande stråk av öppet förstärkningslager kan användas (2) eller inte (1). Ett sammanhängande stråk ger möjlighet till större fördröjning av dagvatten men är mer utrymmeskrävande. Ett alternativ är att bara anlägga öppet förstärkningslager på lokala partier under enskilda konstruktioner i marknivå. Vilka konstruktioner som är lämpliga för platsen anges med bokstaven i lathundens resultat.

Lathunden är tänkt att fungera som ett hjälpmedel för att välja BGG-system. Det är viktigt att se till helheten när man väljer system och värdena i Lathunden bör ses som riktlinjer. Täckta regnbäddar, se avsnitt 6.3.5, sid. 50-51, är inte inkluderade i Lathunden men kan ses som en sammanslagning av konstruktionen för en regnbädd och ett träd i hårdgjord yta.

För definition av högre och lägre krav se ”Snabbanalys” avsnitt 5.1.2, sid. 19.

En förenklad bild är att se de högre kraven som konstruktioner för innerstadsområden och de lägre kraven som konstruktioner för ytterstadsområden.

Var i gaturummet det öppna förstärkningslagret anläggs samt dess utbredning i plan och på djupet skiljer sig ofta åt beroende av vilken typ av gaturum det rör sig om, se figur 4. För huvudled och uppsamlingsgata läggs stråket ofta i flexzon och under gc-yta. För lokalgata (shared space), gångfartsområde och cykelfartsgata kan förstärkningslagret i hela gatans bredd bytas ut till öppet förstärkningslager. Man kan också välja den ena eller andra halvan eller mitten av gaturummet för det öppna förstärkningslagret. Ju bredare man går desto grundare görs lagret.



Figur 4.
Exempel på utbredning av öppet förstärkningslager för olika typer av gator.

Utformning av öppet förstärkningslager:

1. Enskilda konstruktioner med öppet förstärkningslager
2. Konstruktioner på sammanhängande stråk av öppet förstärkningslager

Konstruktioner som beskrivs i handboken:

A. Tät hårdgjord yta
B. Dränerande hårdgjord yta
C. Träd i hårdgjord yta
D. Regnbädd
E. Vegetationsyta

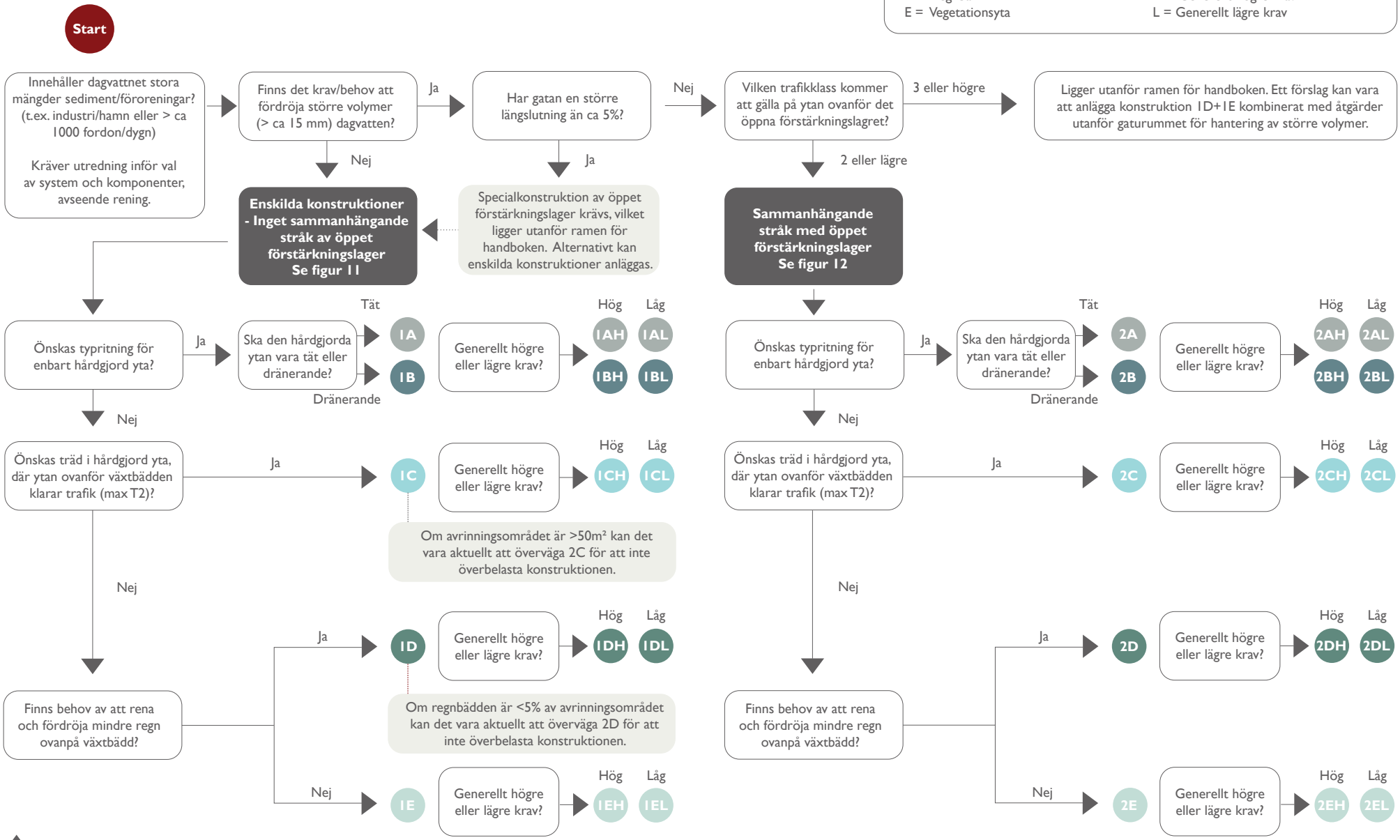
Högre eller lägre generella krav:

H. Generellt högre krav
L. Generellt lägre krav.

Lathund för utformning av BGG-system

Förklaringar:
A = Tät hårdgjord yta
B = Dränerande hårdgjord yta
C = Träd i hårdgjord yta
D = Regnbädd
E = Vegetationsyta

1 = Enskilda konstruktioner
2 = Konstruktioner på sammanhängande stråk av öppet förstärkningslager
H = Generellt högre krav
L = Generellt lägre krav



Figur 5. Lathund för utformning av BGG-system

5.5 Dagvattenutredning

Det är viktigt att man applicerar ett helhetstänk då man planerar förvaltningskedjan för dagvatten i en stad. Förslagsvis efterföljs IWAs koncept Vattenkloka Städer.

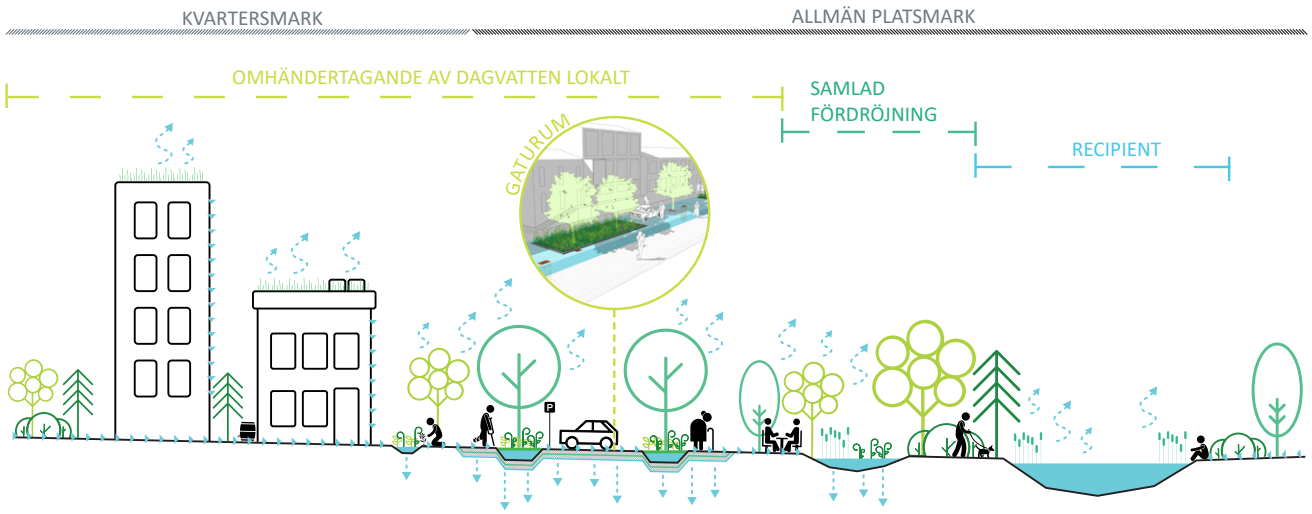
En dagvattenutredning behöver göras för att se hur systemet förhåller sig till närliggande system. Med en välfungerande förvaltningskedja (se Figur 6) når en mindre, och renare, del av dagvattnet recipienten. Vattnet kommer bland annat filtreras, infiltreras ner i marken och tas upp av vegetation.

Rening av dagvatten bör utföras så tidigt i förvaltningskedjan som möjligt. I senare steg förs vattenmassor från olika källor samman och rent vatten blandas med smutsigt. Det gör att större mängder vatten måste behandlas för att fånga upp samma mängd föroreningar. Genom att behandla och fördröja vattnet tidigt kommer man åt föroreningarna vid källan när de är koncentrerade och senare hantering i förvaltningskedjan kan fokusera mer på fördröjning.

Första steget är att arbeta med förebyggande åtgärder såsom gröna tak, infiltrerande beläggningar och vegetationsytor för att ta hand om nederbörden. För att minska mängden föroreningar i dagvattnet är det viktigt att arbeta med miljövänliga bygg- och ytbehandlingsmaterial samt se till att kontinuerligt städa utemiljön.

Högst upp i kedjan bör det finnas åtgärder för att fördröja dagvatten lokalt, på till exempel innergårdar, industriområden och parkeringsplatser. När dagvattnet når allmän platsmark, som gaturum och mindre parker, bör fokus vara på både rening och fördröjning, men också transport av vattnet för att minska risken för översvämning. Längre ner i förvaltningskedjan kommer större allmänna parker och grönytor där det finns möjligheter att anlägga dammar och våtmarker för samlad fördröjning och rening. Även ytor som används för lek, sport och rekreation kan anta funktionen som fördröjningsmagasin vid extremregn.

Genom att ha en klar bild av det aktuella BGG-systemets position i förvaltningskedjan kan det utformas på ett optimalt sätt.



Figur 6. Här visas hela förvaltningskedjan för dagvatten. BGG-system bidrar med rening och fördröjning nära källan.

5.5.1 Krav på rening och fördröjning av dagvatten

Kommunen, länsstyrelsen eller det lokala VA-bolaget ställer ofta krav på rening och fördröjning som man måste förhålla sig till. Vilka regn som är dimensionerande för platsen och om stadsvatten ska omhändertas bör tidigt utredas för att avgöra hur systemet ska dimensioneras. Man bör även se över recipientens status och andra dagvattenanläggningar som finns nedströms och uppströms för att få en samlad bild av dagvattensituationen.

Avseende rening är det både recipientens status och det ingående dagvattnets föroreningsgrad som ställer krav på systemet. Hög trafikbelastning eller verksamheter som industri och hamn orsakar ofta en stor mängd föroreningar och sediment i dagvattnet. Att kartlägga avrinningsområdet innan projektering påbörjas ger nödvändig information.

Inhämta följande information i ett tidigt skede:

- Krav på rening och fördröjning
- Andra dagvattenanläggningar nedströms och uppströms
- BGG-systemets position i förvaltningskedjan för dagvatten
- Recipientens status
- Trafikintensitet i avrinningsområdet
- Verksamheter i avrinningsområdet
- Omhändertagande och ansvar av takvatten

5.6 Geoteknisk undersökning

En geoteknisk undersökning svarar på hur undergrunden och omgivande mark är uppbyggd och om det förekommer berg som kan kräva sprängning för att skapa utrymme för BGG-systemet. Undersökningen svarar även på om det är möjligt för dagvatten att perkolera ner till grundvattnet. För att det ska vara lämpligt att anlägga BGG-system bör materialet i undergrunden uppfylla de krav som ställs på terrassen enligt koden för jordschakt kategori B i AMA. Om det förekommer föroreningar i undergrunden bör systemet tätas så att perkolerande dagvatten inte drar med sig dessa till grundvattnet eller en eventuell dricksvattentäkt.

Det behöver även undersökas var grundvattenytan normalt sett ligger och hur den förändras under året. En alltför effektiv bortledning av dagvatten kan leda till sänkta grundvattennivåer. Det i sin tur kan ge upphov till sprickbildning och sättningar i exempelvis byggnader på lerterrasser. Ett BGG-system kan motverka detta.

Inhämta följande information i ett tidigt skede:

- Material i undergrund och omgivande mark
- Infiltrations- och perkolationskapacitet
- Grundvattennivå
- Förekomst av föroreningar
- Behov av skydd för grundvattnet (exempelvis om det finns dricksvattentäkt)
- Behov av att infiltrera dagvatten för att minska risken för sättningar till följd av torka
- Förekomst av berg

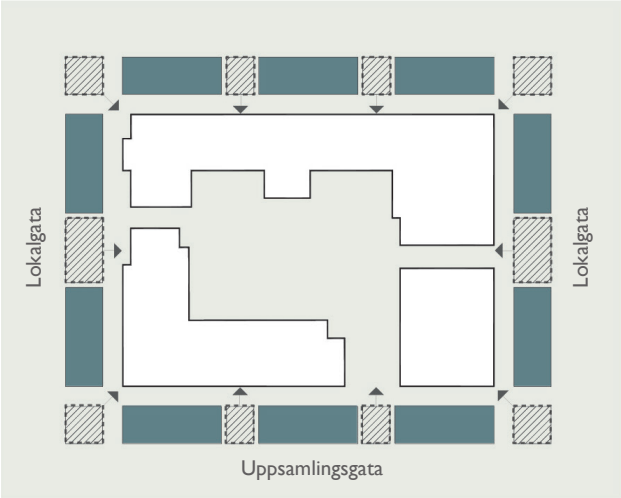
5.7 Ledningskontroll

I situationer där BGG-system ska anläggas intill olika typer av markförlagd infrastruktur krävs information och samordning med aktuella ledningsägare för att hitta den bäst anpassade lösningen. Det är fördelaktigt att tidigt lyfta frågan om ledningsdragning under och i öppet förstärkningslager så att samtliga parter är medvetna om eventuella risker och olägenheter.

Ledningar kan förläggas under eller i BGG-system. Jämfört med konventionella överbyggnader består BGG-systemet av fler lager och olika material vilket kan medföra merarbete vid framtida grävning till ledningar med risk att systemet skadas eller får nedsatt funktion. Ovanför öppet förstärkningslager kan ledningar med fördel anläggas.

Att undvika ledningar är förstås enklare inom exploateringsområden där ledningsdragning och anslutningspunkter kan planeras i avbrott mellan stråken med döppet förstärkningslager. Se figur 7 för förslag på princip för BGG-system och avbrott. I befintliga miljöer krävs noggranna undersökningar för att hitta den optimala kombinationen av utformning av systemet och eventuell ledningsflytt.

För att läsa mer om ledningar se avsnitt 6.1.4, sid. 30.



Figur 7.
Förslag på placering av stråk med öppet förstärkningslager ■ *och avbrott* ▨. *I avbrotten kan anslutningsledningar* → *förläggas in till kvartersmark från stamledningar.*

Inhämta följande information i ett tidigt skede:

- Kartläggning av befintliga ledningar
- Kartläggning av nya ledningsstråk
- Policy avseende förhållningssätt mellan BGG-system, ledningsstråk och ledningstyper

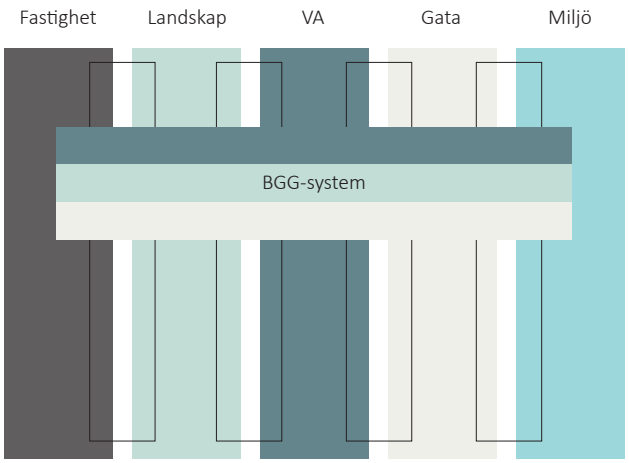
5.8 Projektsamordning och ekonomi

BGG-system berör många teknikområden inom stadsbyggnad; gatu- och VA-ingenjörer, geotekniker, stadsplanerare och andra som jobbar inom landskap, fastighet och miljö. Det kan vara en utmaning att få alla inblandade att arbeta tillsammans och mot samma mål. Det tvärvetenskapliga tänkandet är dock viktigt i alla faser, från budgetering och projektering till anläggning och drift. Viktiga uppgifter riskerar att falla mellan stolarna på grund av oklara ansvarsområden.

Tidigt i projektet behöver beslut tas om hur kostnader och ansvar inom projektering, anläggning samt drift och underhåll ska fördelas. Genom en tydligt dokumenterad fördelning och att tilldela en person det övergripande ansvaret för BGG-systemet kan man undvika att uppgifter faller mellan stolarna och bygga system som ger fördelar för samtliga parter.

För att alla i projektet ska ha en gemensam grund och kunskap om vad BGG-system innebär bör ett informationsmöte eller utbildning hållas. Den här handboken är ett utmärkt redskap som ger alla parter inom projektet förståelse för systemet och gemensam terminologi. Även anläggningspersonal och besiktningspersoner bör genomgå utbildningen och ges information om vanliga fallgropar och anläggningssätt som skiljer sig från konventionella metoder. Små fel i anläggningsskedet kan betyda att systemet inte fungerar som det är tänkt.

En kostnadsjämförelse mellan olika gatu-utformningar kommer att finnas tillgänglig på: https://bluegreengrey.edges.se



Figur 8. BGG-system berör många olika teknikområden och förvaltningar vilket kräver bra samordning och samarbete.

När man arbetar med BGG-system måste det traditionella silotänket med uppdelade arbets- och teknikområden ändras till att skapa incitament och tydliga samarbetsmiljöer.

Vegetationsyta på öppet förstärkningslager. Inom stråket, som är en forskningsanläggning, finns det även regnbäddar med och utan vegetation.
Eksätravägen, Stockholm

6 Detaljprojektering

BGG-system kan utformas med stor flexibilitet för att passa platsens förutsättningar. Det utgörs av både konstruktioner i marknivå och av öppet förstärkningslager. I det här kapitlet beskrivs exempel på olika typer av utformning och konstruktioner samt ingående material.

6.1 Inför detaljprojektering

Konstruktioner i marknivå kan förse platsen med grönska eller hårdgjorda ytor men också hjälpa till med bortledning och rening av dagvatten (se avsnitt 6.3). Systemen kan hänga ihop eller anläggas helt enskilt, beroende på önskemål och behov. Under mark grundas konstruktionerna av öppet förstärkningslager för att fördröja och rena dagvatten samt erbjuda stort utrymme för växtrötter. Ju större volym av öppet förstärkningslager desto bättre kan BGG-systemet uppfylla sin funktion.

6.1.1 Typritningar

Till den här handboken hör ett antal typritningar som underlättar vid projektering. Genom att använda lathunden (se avsnitt 5.4, sid. 23) uppnås en siffer- och bokstavskombination som indikerar vilken typ av system och vilka konstruktioner i marknivå som är lämpliga för en viss plats. Denna information kan användas för att efterfråga rätt typritning att utgå ifrån.

Typritningar får inte hänvisas till eller medskickas i förfrågningsunderlag eller liknande. BGG-system måste alltid anpassas till de specifika egenskaper och förutsättningar som finns i ett projekt. Att inte ta detta i beaktning innebär risk för att systemet inte uppnår önskade mål vilket kan få stora och kostsamma skador som följd. Även handbokens *Utförandebeskrivning (Bilaga 1)* ska ses som en generell guide som kan behöva justeras efter de aktuella förutsättningarna.

1. Övre växtsubstrat
2. Undre växtsubstrat
3. Öppet förstärkningslager
4. Öppet förstärkningslager med biokol
5. Konventionell överbyggnad
6. Dagvattenstamledning

Figur 9. Exempel på sektion med utbredning i gaturum för BGG-system

6.1.2 Ritningar och dokument

Projektören för BGG-systemet ritar komponenter som kan komma att redovisas på andra ritningar än hens egna. Styrningsbrunnar, dagvattentunnlar, täta och dränerande ledningar är exempel på saker som BGG-projektören ritar i sin modellfil när systemet utformas och dimensioneras, men som eventuellt redovisas på VA-planer. Höjdsättning på mark och kantstöd bör kontrolleras med gatuprojektörer eftersom dessa delar är avgörande för BGG-systemets funktion och inför växtval behöver man ha systemets förutsättningar (se avsnitt 5.1) tydligt formulerade. Det är viktigt att tidigt bestämma vem som ritar vad och var det redovisas samt att regelbundet stämma av projekteringen för att undvika missförstånd.

Om möjligt rekommenderas att både BGG-projektör och andra projektörer ritar i 3D. Då blir det enklare att se eventuella kollisioner mellan till exempel ledningar och öppet förstärkningslager. Om det inte går att projektera i 3D kan man rita systemet i 2D men det kräver noggrannare kontroller för att undvika fel.

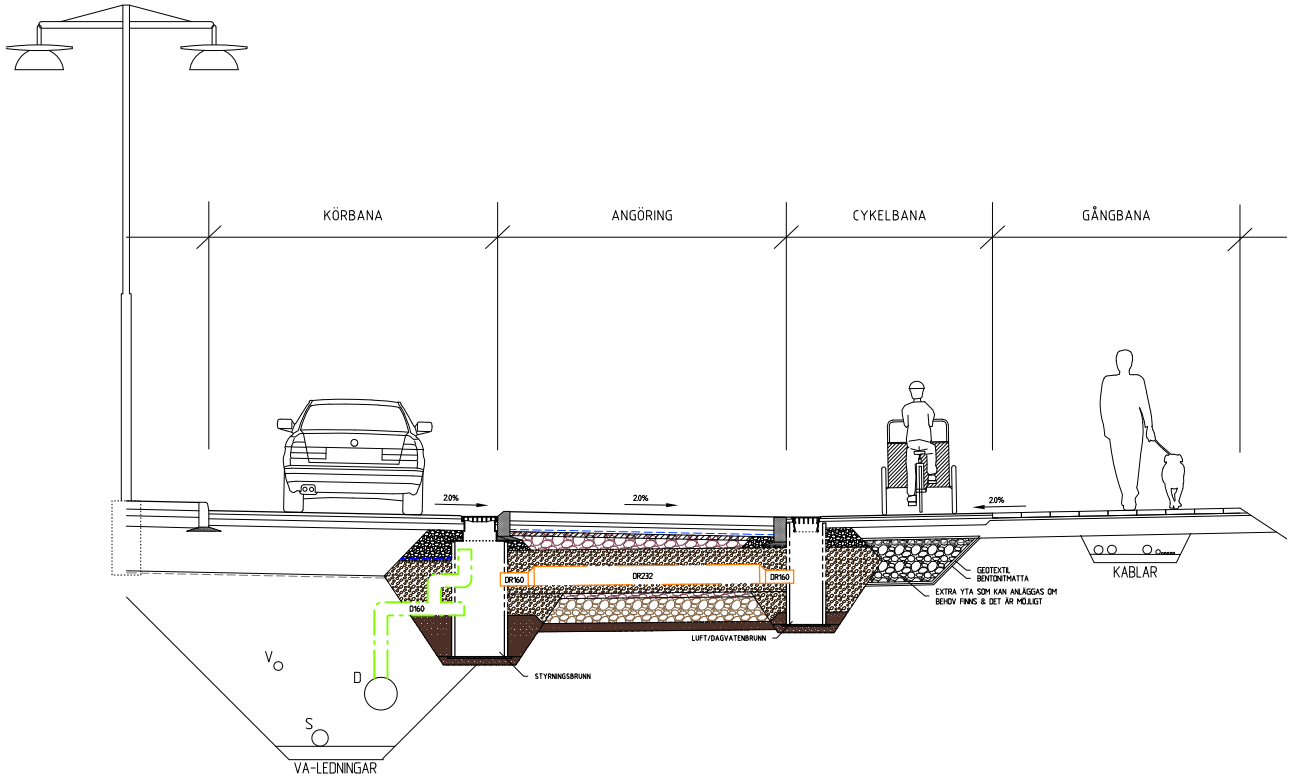
Det är också viktigt att ha tydliga avgränsningar till exempel mängdförteckningen. Genom att dela upp koder som omfattar mer än ett teknikområde i flera mängdrader, så att varje projektör bara behöver mängda det hen själv ritat, minskar man risken för fel vid senare revideringar. Var också noga med nomenklaturen för olika typer av vegetationsyta, till exempel regnbädd, vegetationsyta inom BGG-system och ”vanlig” plantering.

6.1.3 Höjdsättning

Låglinjer och-punkter styr avrinningsområdenas storlek och avgör var brunnar och regnbäddar placeras. Även vattnets rinnsträcka bör tas i beaktande för att undvika olägenheter. Vid marklutningar över 5% blir det svårt att skapa ett effektivt BGG-system enligt den modell som beskrivs i den här handboken. Då krävs speciallösningar för att fånga upp hastigt flödande vatten och skapa effektiva fördröjningsmagasin.

I och med att föroreningsgraden skiljer sig mellan körbana och GC-yta kan det vara fördelaktigt att leda vatten från de respektive ytorna till olika delar av systemet. Till exempel kan regnbäddar användas för det mer förorenade vattnet på vägar och avrinning från gc-ytor kan ledas direkt till öppet förstärkningslager. Detta innebär ofta att det behövs två låglinjer per gaturumshalva. Gaturummet bör därför delas in i flera små avrinningsområden där volym och flöden beräknas för varje område. För exempel på utformning med dubbla låglinjer se figur 10.

Tallar i skelettjord med det översta lagret av hårdgjord yta. Platt- och asfaltytor är uppbyggda med öppet förstärkningslager. Dagvatten tas in i s.k. luftdagvattenbrunnar. Foto: Örjan Stål



Figur 10. Exempel på sektion där ledningar förlagts utanför BGG-systemet.
Bilden ovan är en illustration över en möjlig situation och beskriver inte en teknisk lösning.

6.1.4 Ledningar och konstruktioner

Generellt sett skiljer sig inte BGG-system något nämnvärt från andra system när det gäller integrationen av ledningar. Men för att undvika skador på BGG-systemet och mer komplicerade schakt- och återställningsarbeten är det bäst om förekomst av andra typer av ledningar inom och under systemet minimeras. Försök att förlägga ledningspassager i avbrotten mellan stråken av öppet förstärkningslager, se figur 7, sid. 26. Ovanför öppet förstärkningslager kan däremot ledningar med fördel anläggas, till exempel el, tele, opto m.fl. som ofta ligger på ett djup av 40-60cm. För nödvändiga korsningar genom systemet kan ledningspassager uppbyggda med samkross anläggas. Tomma ledningsrör för framtida ledningsdragning kan förläggas var man vill inom systemet, se figur 10 för illustration över möjlig situation.

För andra fasta konstruktioner, såsom fundament av olika slag, är det oftast kringfyllning eller betong för gjutning som kan innebära problem för BGG-system. Kringfyllning tar upp stora volymer som är värdefull ur magasinerings- och flödeshänseende. För att komma runt problemet kan bergkross utan finmaterial användas i vissa fall eftersom det inte förhindrar vattenflödet. Det är dock viktigt att ha en dialog med en konstruktör för att säkerställa stabilitet på fundamenten, exempelvis kan fundamentets form/ bottenplatta behöva anpassas om kringfyllnaden inte innehåller finmaterial (se foto nästa sida).

Det är framförallt positivt att inom systemets nedersta halvmeter arbeta med kringfyllning utan finmaterial eftersom det är där den största mängden vatten rinner

Exempel på utseende av fundament i BGG-system

fram. Då betong används, till exempel för fastgjutning av kantstöd, kommer en liten del av betongen att rinna in i det öppna förstärkningslagret innan materialet härdat. För att inte uppta volym från systemet och för att minimera materialkostnaden bör en trögflytande betong användas. Geotextil eller annan duk ska inte användas för att uppnå denna funktion.

Om ledningar inte kan undvikas inom BGG-systemet ska utformningen anpassas så att vatten inom systemet alltid har möjlighet att flöda ohindrat på botten. Det öppna förstärkningslagrets nedersta halvmeter ska hållas fri från hinder men ovan denna höjd kan enstaka ledningspassager utföras.

Rotinträngning i ledningar undviks främst genom att skapa goda förutsättningar för träd och andra växter inom avsedda delar av växtbädden. Inblandning av biokol och ordentlig genomluftning av systemet är viktiga detaljer som gynnar vegetationen. För att ytterligare skydda ledningar bör de kapslas in med bergkross som innehåller finmaterial. Kringfyllningen måste då omgärdas med geotextil för att finmaterialet ska stanna på avsedd plats och inte ge upphov till sättningar. För mer information se *Grävningsmanual (Bilaga 3).*

6.1.5 Anläggningsprocessen

Då BGG-system anläggs inom exploateringsområden utförs processen med fördel i två skeden. Då uppbyggnad av det som senare ska bli underjordiska konstruktioner är färdig täcks systemet med bärlager, avfallsgrus och brunnar med täta brunnsplåtar. Byggatan är nu klar och kvartersmark kan nu bebyggas och anläggas. På så sätt kan övrig anläggning, till exempel husbyggnation, utföras utan att systemet tar skada då inga komponenter sticker upp och kan köras sönder. Likaså kan hela gaturummrt användas som byggyta utan risk för sättningar eller andra skador. I anläggningens slutskede öppnas schakt för träd i hårdgjord yta, regnbäddar och vegetationsytor och projektet kan avslutas med plantering och att ge brunnar slutliga höjd och betäckning. Då BGG-system anläggs inom befintligt område finns inte behov av att pausa processen utan all anläggning utförs i ett enda skede. De flesta steg är dock identiska med hur anläggning i två skeden utförs.

I *Utförandebeskrivningar för BGG-system (Bilaga 1)* kan man läsa detaljerade instruktioner för hur ett BGG-system anläggs. Det finns separata beskrivningar för anläggning i ett eller två skeden samt för flera av de i handboken beskrivna konstruktionerna. Det rekommenderas att läsa utförandebeskrivningarna inför projektering eftersom det ger utökad förståelse för hur systemen byggs upp.

Anläggning av BGG-system.
Utläggning av öppet förstärkningslager med biokol.

6.2 Öppet förstärkningslager

Om det aktuella gaturummet har hög längslutning, hög trafikbelastning eller ogynnsam placering av befintlig infrastruktur kan det vara svårt att anlägga sammanhängande stråk av öppet förstärkningslager. På sådana platser utformas BGG-system med enskilda konstruktioner som regnbäddar, vegetationsyta, träd i hårdgjord yta och genomsläppliga ytor på lokala partier med öppet förstärkningslager. Kapaciteten att omhänderta och fördröja dagvatten begränsas då av varje enskild konstruktions förmåga och av möjligheten att placera den optimalt i gaturummet. För val av fraktioner se ***Bilaga 4, Komponent- och materiallista för BGG-system***.

Man bör även ta reda på ifall intilliggande byggnader kommer ha eller har källare, detta då det finns risk för att dagvatten via BGG-systemet kan nå husgrundsdräneringen. Man bör även vara medveten om behov av spontning för källare och därmed placeringen av BGG-systemet.

Genom att anlägga BGG-systemet med ett sammanhängande stråk av öppet förstärkningslager maximeras dess fördröjande kapacitet och växtbäddsfunktion. Stråket kan delas in i enheter för att dagvatten ska kunna fylla upp så stor volym som möjligt och inte bara den lägst liggande änden. Styrningsbrunnar kan reglera flödet mellan enheterna och det konventionella ledningsnätet och ger möjlighet till bräddning om BGG-systemet blir fullt. Dagvatten når systemet via brunnar eller infiltration genom konstruktioner i marknivå.

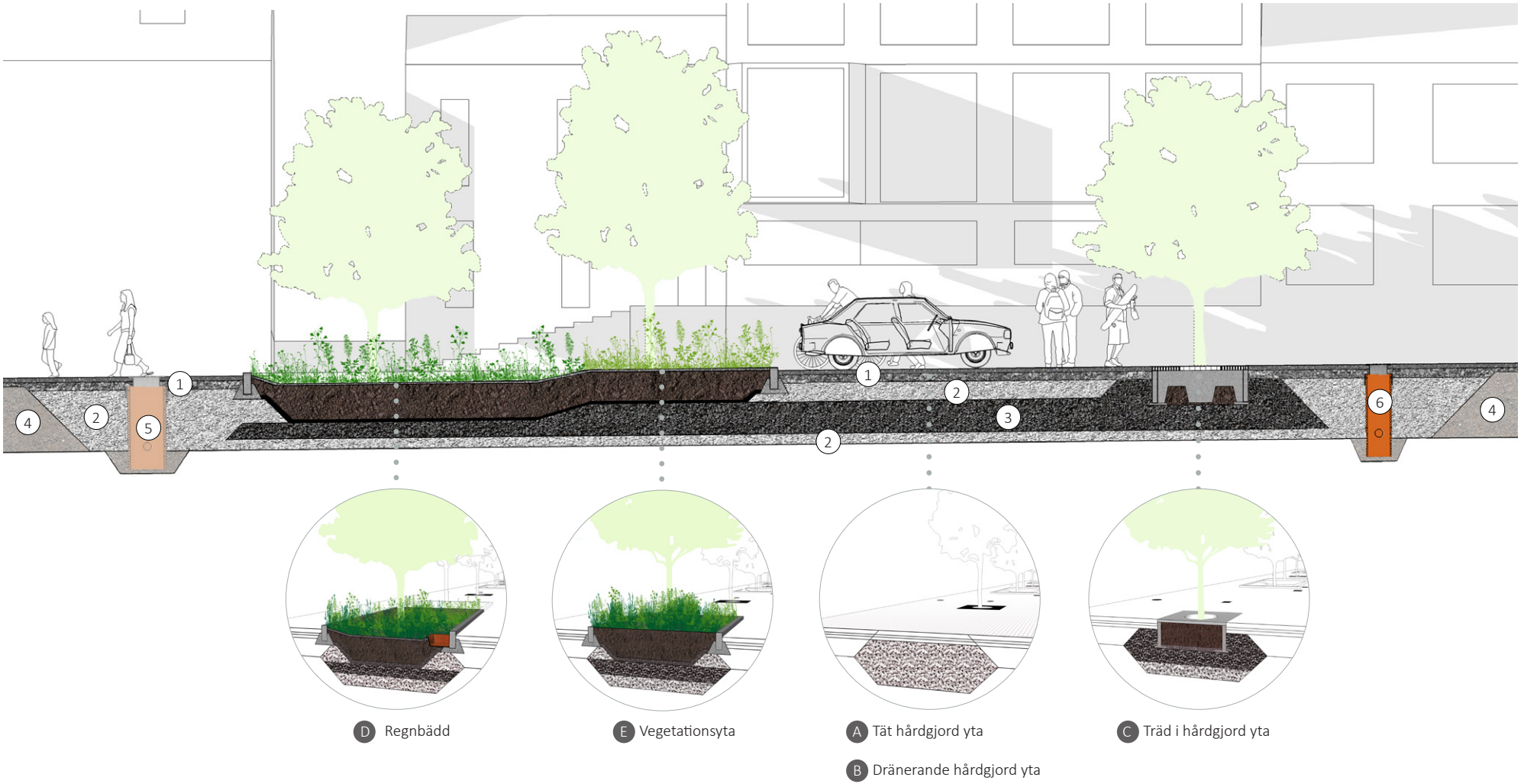
Figur 11. Exempel på gata med BGG-system uppbyggt som enskilda konstruktioner. Här är partier med öppet förstärkningslager, de blå områdena, anlagda lokalt under olika konstruktioner i marknivå, såsom regnbäddar, vegetationsytor och träd i hårdgjorda ytor. Vilka konstruktioner som anläggs är valfritt vilket gör utformningen av BGG-systemet flexibel. Det öppna förstärkningslagret bidrar med gasutbyte och vattenförsörjning eller -magasinering i begränsad utsträckning.

Ståndortförbättring kring befintliga träd med öppet förstärkningslager med biokol, Stockholm. Foto: Björn Embrém

Figur 12. Exempel på gata med BGG-system förlagd i flexzon. Det blå området symboliserar ett öppet förstärkningslagret som här ligger i ett stråk utmed hela gatan. På markytan varvas hårdgjorda ytor med regnbäddar, vegetationsytor och träd på valfritt sätt. På detta sätt ges stora möjligheter till hantering av dagvatten samtidigt som gaturummet kan utformas flexibelt.

Högre krav

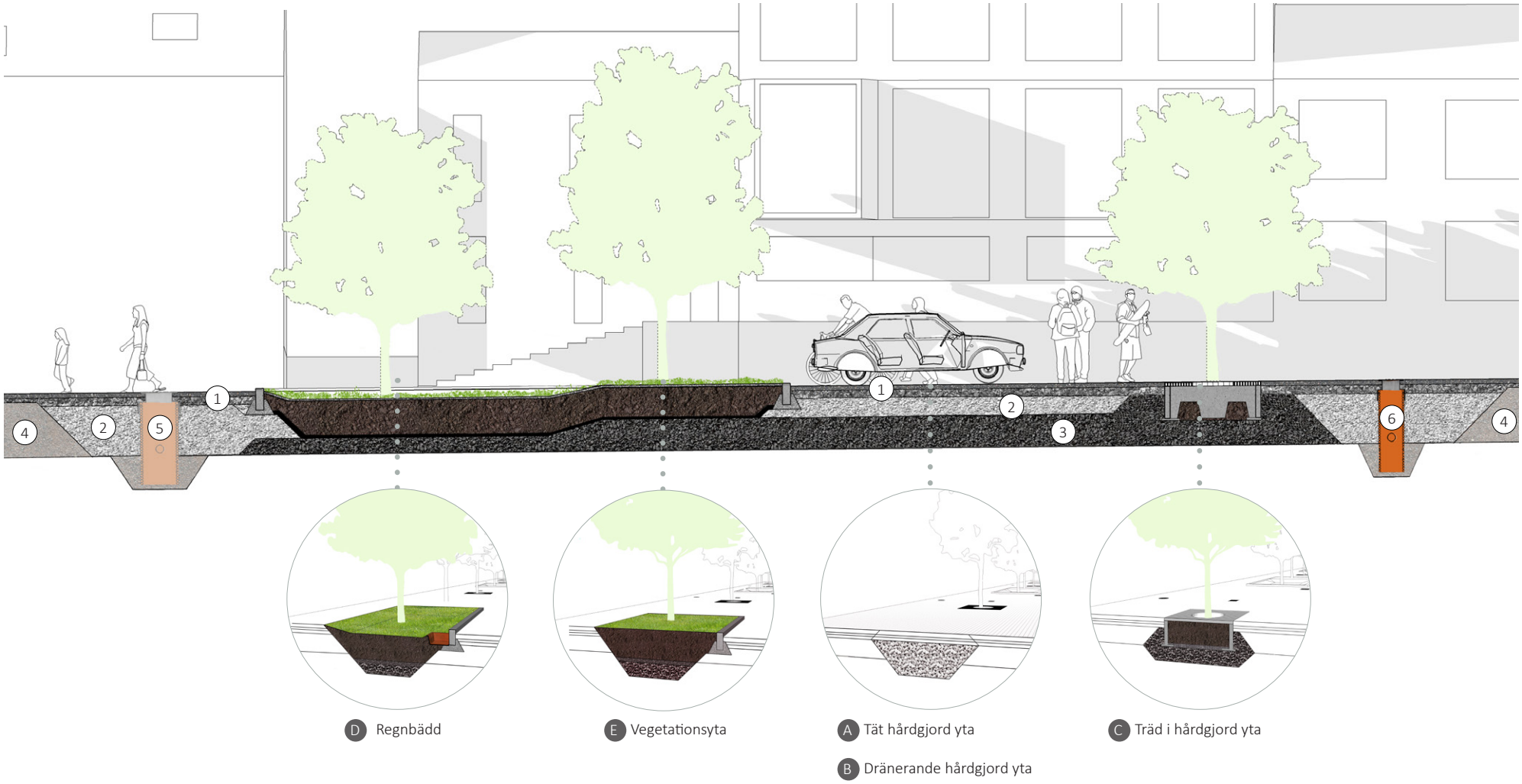
1. Tät eller dränerande bär- och slitlager
2. Öppet förstärkningslager
3. Öppet förstärkningslager med biokol
4. Avbrott
5. Styrningsbrunn
6. Luftdagvattenbrunn



Figur 13. Längdsnitt av en enhet med öppet förstärkningslager, högre krav. Avbrott som avgränsar enheten är placerade längst till höger och vänster i figuren. Under regnbädd, vegetationsyta och träd i hårdgjord yta finns lager av öppet förstärkningslager med biokol och eventuellt kompost eller pimpsten. Bilden visar möjligheten att anlägga en sammanhängande regnbädd och plantering men det går lika bra att anlägga dem som separata konstruktioner.

Lägre krav

1. Tät eller dränerande bär- och slitlager
2. Öppet förstärkningslager
3. Öppet förstärkningslager med biokol
4. Avbrott
5. Styrningsbrunn
6. Luftdagvattenbrunn



Figur 14. Längdsnitt av en enhet med öppet förstärkningslager, lägre krav. Avbrott som avgränsar enheten är placerade längst till höger och vänster i figuren. Under regnbädd, vegetationsyta och träd i hårdgjord yta finns lager av öppet förstärkningslager med biokol och eventuellt kompost eller pimpsten. Bilden visar möjligheten att anlägga en sammanhängande regnbädd och plantering men det går lika bra att anlägga dem som separata konstruktioner.

6.2.1 Utbredning

Stråk med öppna förstärkningslager anläggs med fördel under flexzon (se figur 12) eller GC-yta och bör följa gatans längsriktning för att i minsta mån korsa ledningar. Genom att anlägga stråket under gatans flexzon ges frihet att anlägga olika typer av konstruktioner i marknivå, beroende på vad som lämpar sig på platsen. Till exempel kan parkeringar längs trottoaren varvas med träd i hårdgjord yta eller regnbäddar.

Det öppna förstärkningslagrets bredd anpassas efter platsens behov och tillgängligt utrymme. För att skapa större volymer för dagvattenhantering och växtbäddar kan öppet förstärkningslager anläggas under hela eller delar av GC-ytor eller körbanor, för olika alternativ se figur 15. Detta för att systemet är mycket flexibelt och lätt kan anpassas till olika gatuutformningar. Exempelvis shared space med en mosaik-artad utformning, gaturum där cykel och kollektivtrafik premieras eller framtida önskemål på utformning som skiljer sig från dagens.

Det bör alltid anläggas under växtbäddar för att skapa goda växtförutsättningar och fungera som fördröjningsmagasin. Stråk med öppet förstärkningslager kan också sträcka sig under öppna ytor, exempelvis torg.

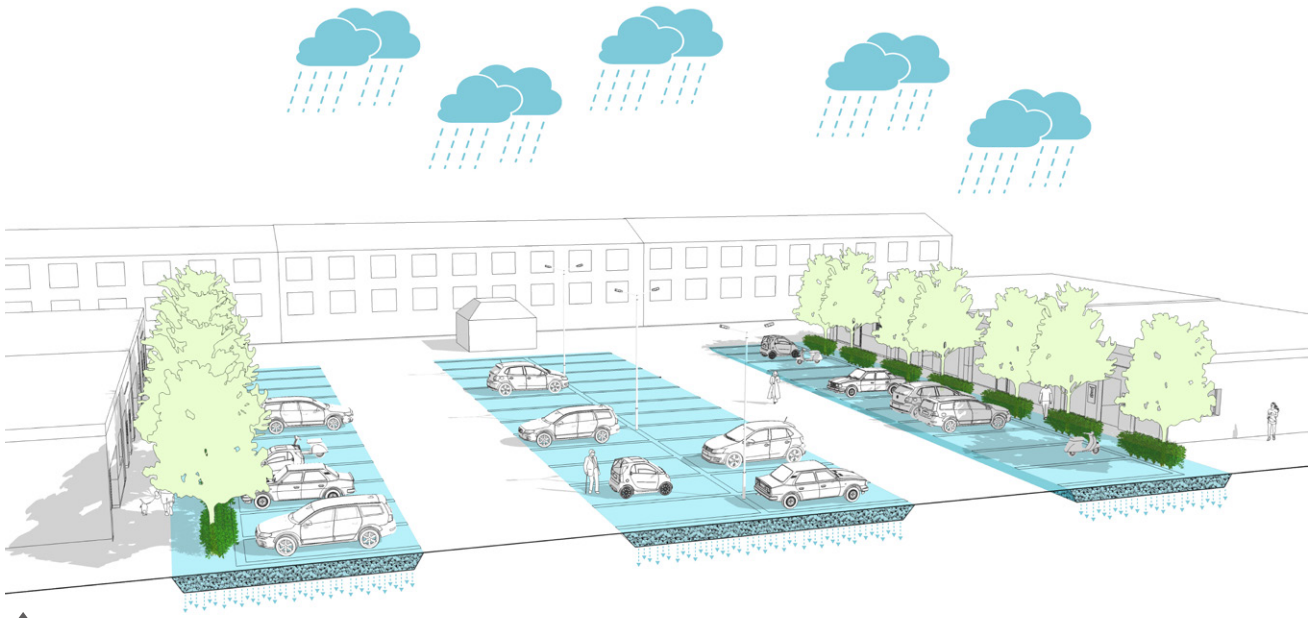
Figur 15. Öppet förstärkningslager kan breddas ut under GC-ytor och körbanor för att skapa större dagvattenhanterande volym och växtbädd. Genom möjligheten att välja förstärkningslagrets omfång och placering blir det enklare att kombinera BGG-systemet med övriga konstruktioner i marken, och på så sätt anpassa till framtida behov och önskningar kring utformning.

6.2.2 Öppet förstärkningslager i AMA

I AMA Anläggning delas olika arbetsmoment upp efter vilken funktion en yta eller anläggningsdel har. Eftersom flera funktioner samsas om samma volym i ett BGG-system krävs extra eftertanke då mängdförteckningen skrivs. Det öppna förstärkningslagret är till exempel både överbyggnad för hårdgjorda ytor, växtbäddar och dagvattenmagasin. Tills det finns anpassade koder i AMA Anläggning rekommenderas att beskriva alla lager som bygger upp det öppna förstärkningslagret under en egen kod. På detta sätt kan man se till att de krav som gäller terrassens egenskaper, överbyggnadsmaterial och packning stämmer överens med BGG-systemets behov.

För att det ska vara lämpligt att anlägga BGG-system bör materialet i undergrunden uppfylla de krav som ställs på terrassen enligt koden för jordschakt kategori B i AMA. Koderför öppet förstärkningslager kommer införas i AMA Anläggning 20, men då kallas det för dränerande förstärkningslager.

Det öppna förstärkningslagrets bredd & djup anpassas efter platsens behov och tillgängligt utrymme.



Figur 16. Öppet förstärkningslager kan breddas ut under torg och parkeringsytor för att skapa större dagvattenhanterande volym och växtbädd. Genom möjligheten att välja förstärkningslagrets omfång och placering blir det enklare att kombinera BGG-systemet med övriga konstruktioner i marken.

6.2.3 Packning av öppet förstärkningslager

Packningsgraden är en förutsättning för att systemet ska klara framtida trafikbelastning. Studier har visat att det sällan är tillräckligt att packa enligt AMAs krav för att uppnå tillräcklig bärighet på kategori B-ytor. Fuktigheten i materialet vid packning samt kornens form kan bidra till att det krävs fler överfarter än de av AMA föreskrivna. Öppna förstärkningslager anläggs normalt i lager om max 250 mm för att uppnå önskad packningsgrad. Varje lager packas noggrant innan nästa lager läggs ut. Packning utförs genom minst 8 överfarter med vibroplatta över 400 kg eller med minst 10 överfarter med vält vars linjelast är över 25 kN/m. Detta är högre krav än de som anges i AMA.

För ytterligare information om packning av öppna förstärkningslager hänvisas till Svensk Markbetongs skrift, *Fördröjning av dagvatten med dränerande markstensbeläggning.*

6.2.4 Placering av sammanhängande stråk

Stråk med öppna förstärkningslager anläggs med fördel under flexzon (se figur 15, sid. 36) eller GC-yta och bör följa gatans längsriktning för att i minsta mån korsa ledningar. Det kan också anläggas under körbana för trafikklass två eller lägre. Stråkets djup anpassas efter platsens behov av dagvattenfördröjning och tillgängligt utrymme. Genom att anlägga stråket under gatans flexzon ges frihet att anlägga olika typer av konstruktioner i marknivå, beroende på vad som lämpar sig på platsen. Till exempel kan parkeringar längs trottoaren varvas med träd i hårdgjord yta eller regnbäddar.

6.2.5 Avbrott

För att inte dagvatten ska rinna igenom det underjordiska stråket av öppet förstärkningslager alltför fort, utan magasineras under mark, delas stråket in i mindre enheter med hjälp av överbyggnader med nollfraktion eller dylikt som hindrar horisontellt flöde. Önskas att seriekoppla enheterna kan det göras med hjälp av styrningsbrunnar. Vattnet passerar avbrotten på ett kontrollerat sätt genom ledningar kopplade till styrningsbrunnar. På detta sätt uppnås större fördröjningsvolym och bättre utnyttjande av dagvattnet. Avståndet mellan avbrotten på stråket med öppet förstärkningslager beror på gatans lutning och andra förutsättningar på platsen men är oftast mellan 20-30m.Eftersom avbrotten är uppbyggda med konventionella markmaterial och packningsmetoder eller består av undergrund är de utmärkta platser för VA- eller andra ledningar att korsa BGG-systemet. För att läsa mer om ledningar se avsnitt 6.1.4, sid. 30.

Låga vallar kan användas mellan de större för att skapa en zon i botten på det öppna förstärkningslager som vatten inte dräneras bort från, en så kallad artificiell grundvattenzon. Vallen hjälper till att fördela vattnet över en större bottenyta. Läs mer i avsnitt 6.5.3, sid. 58.

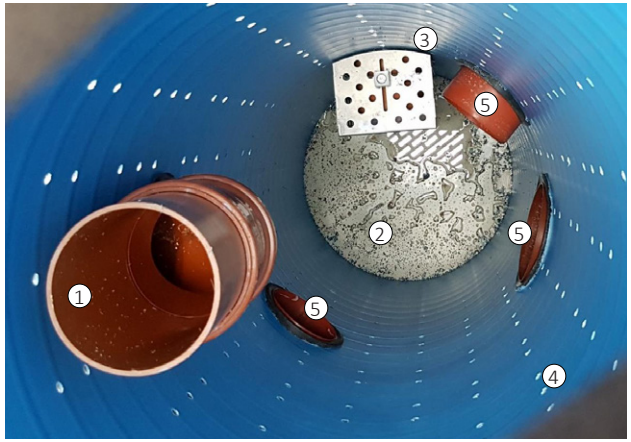
6.2.6 Styrning av vattenflöde

Dagvattnet avrinner till lågpunkter och längs låglinjer och leds därifrån ned till stråket av öppet förstärkningslager via regnbäddar, dränerande beläggning eller brunnar. Styrningsbrunnarna placeras oftast vid den lägst liggande delen inom varje enhet (se figur 17-20) för att kunna leda vattnet till den aktuella enheten eller till det konventionella ledningsnätet beroende på inställning av flödesregulator på utgående ledning. Vattnet leds ut till det öppna förstärkningslagret genom perforeringar i brunnens sidor, från en dagvattentunnel eller via en spridningsledning.

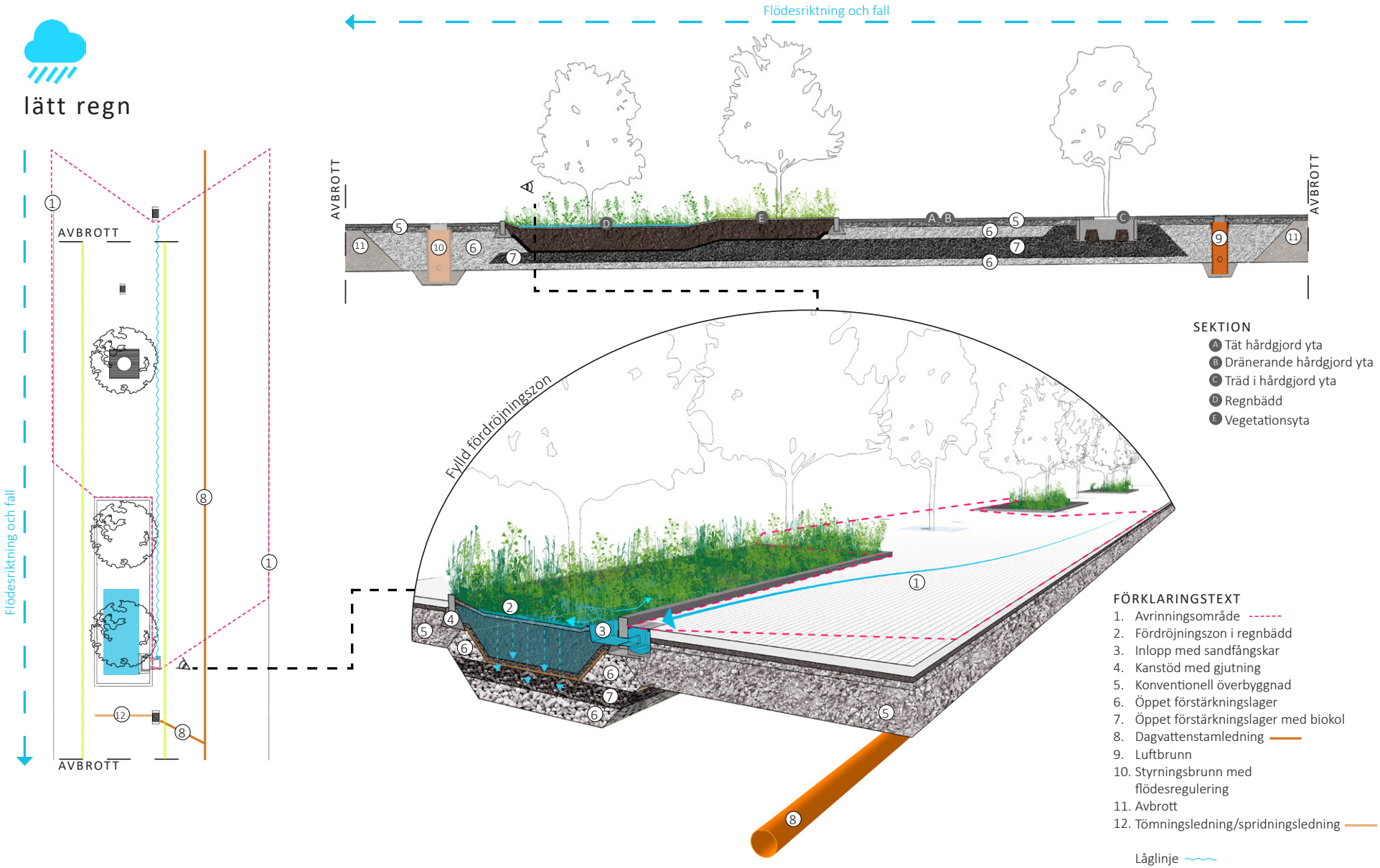
Beroende på systemets syfte regleras utflödet olika. Om BGG-systemet främst är till för att hantera vatten vid extremregn, leds vatten i första hand till ledningsnätet och bräddar vid behov vidare till det öppna förstärkningslagret. Om det är ämnat att ta hand om dagvatten från dimensionerande regn leds det i första hand till det öppna förstärkningslagret och bara i mindre mängd till ledningsnätet. Varje brunn har då en bräddningsfunktion till det konventionella ledningsnätet som kan förhindra översvämning när BGG-systemet nått sin maximala fyllnadshöjd.

Flera enheter kan seriekopplas men hur detta kan utföras faller utanför ramen för den här handboken. Genom att seriekoppla flera enheter transporteras dagvattnet en längre sträcka i det öppna förstärkningslagret innan det släpps ut på ledningsnätet. Detta leder till längre uppehållstid i systemet vilket ger högre grad av rening och större tillgång på vatten för vegetationen. Systemet är flexibelt eftersom det går att reglera uppehållstiden i varje enhet individuellt. Regleringen justeras med flödesregulatorer i brunnarna. Deras inställning kan ändras när som helst vilket underlättar vid grävningar eller underhållsinsatser i BGG-systemet. Flödesregulatorn tas då bort och dagvattnet leds till ledningsnätet istället för in i det öppna förstärkningslagret.

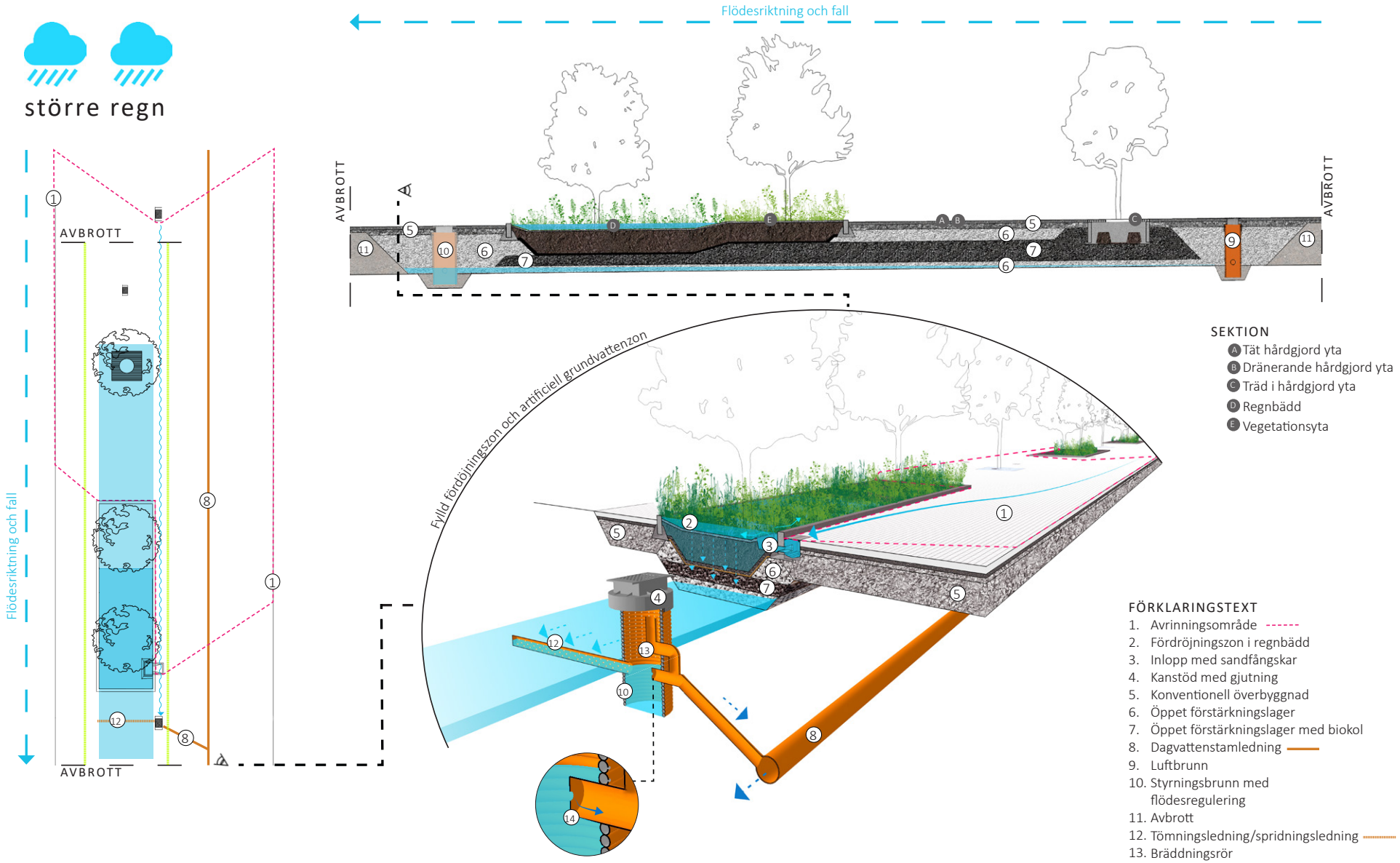
Enklare dagvatten- och luftbrunnar kan användas för att ta hand om vatten från till exempel GC-ytor. Dessa integreras i systemet genom att anslutas till styrningsbrunnar, spridningsledningar eller dagvattentunnlar. Läs mer om brunnar och andra komponenter som används i ett BGG-system under avsnitt 6.6, sid. 58.



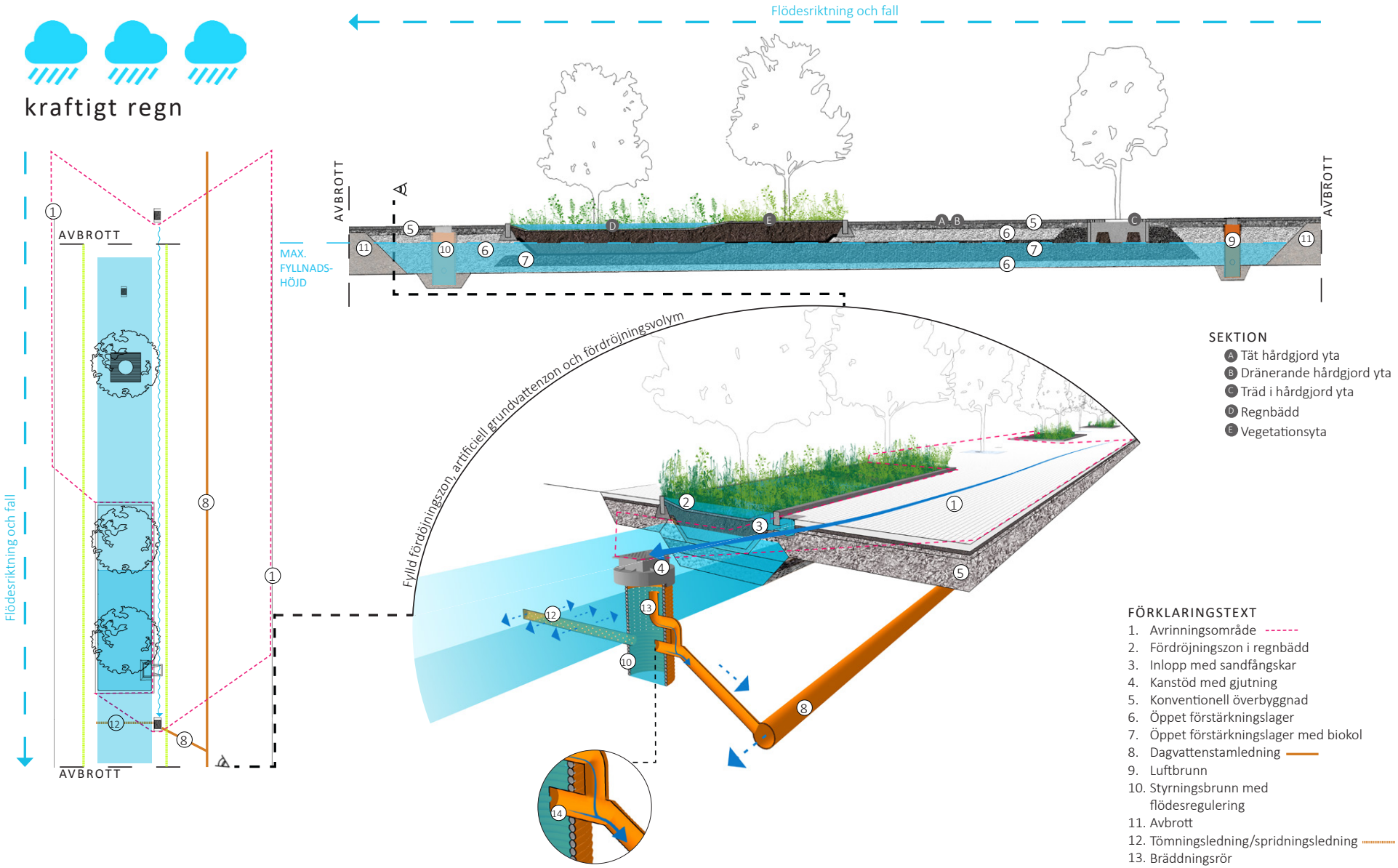
Styrningsbrunn sedd från ovan.
1. Bräddningsrör
2. Sandfång
3. Flödesregulator med skyddsbur
4. Perforering för perkolation
5. Spridnings- tömnings- takvattenledningar



Figur 17. Illustrerar flödet vid ett mindre regn i ett BGG-system med konstruktionen regnbädd. Vid ett mindre regn avrinner dagvattnet till regnbädden och infiltreras till det öppna förstärkningslagret. Planvy (till vänster), längdsnitt (överst), tredimensionell vy (nederst)

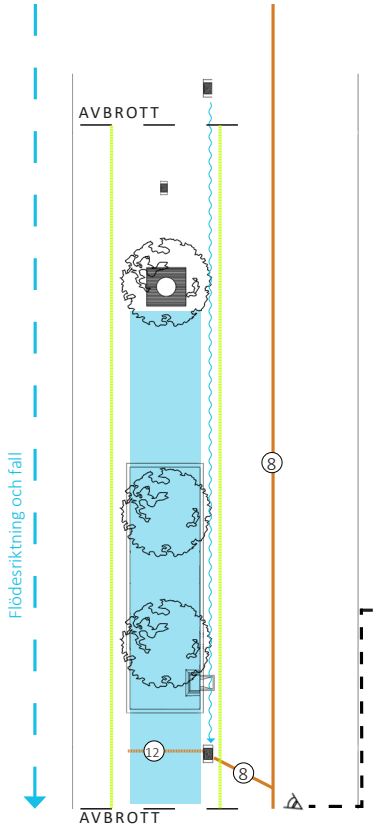


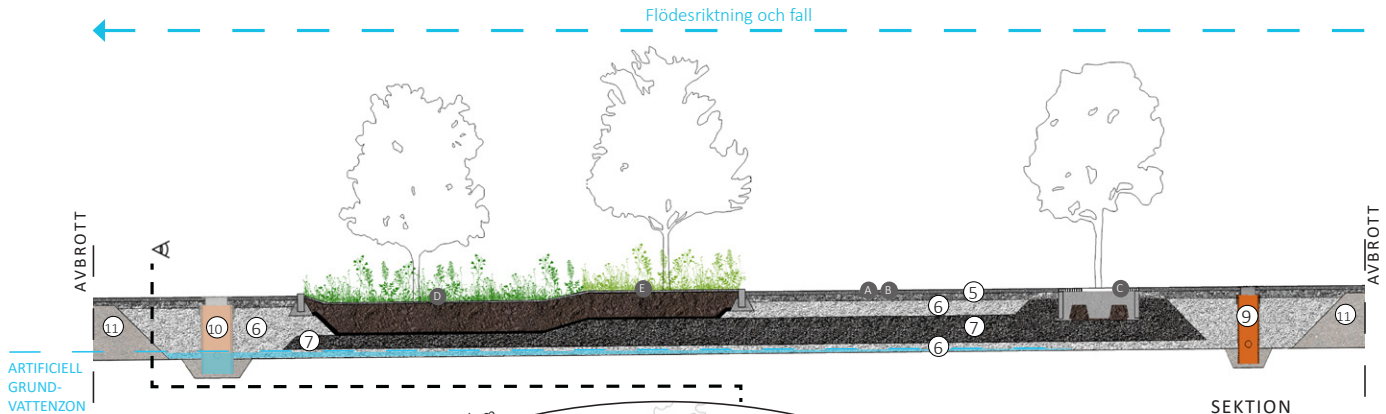
Figur 18. Illustrerar flödet vid ett större regn i ett BGG-system. Vid ett mer ihållande regn avrinner dagvattnet till regnbädden och fördröjningszonen fylls. Det infiltrerade dagvattnet börjar fylla upp bottnen på det öppna förstärkningslagret och ett flöde når styrningsbrunnen. Beroende på inställning av flödesregulatorn går flödet vidare till dagvattennätet i mindre eller större grad. Planvy (till vänster), längdsnitt (överst), tredimensionell vy (nederst)

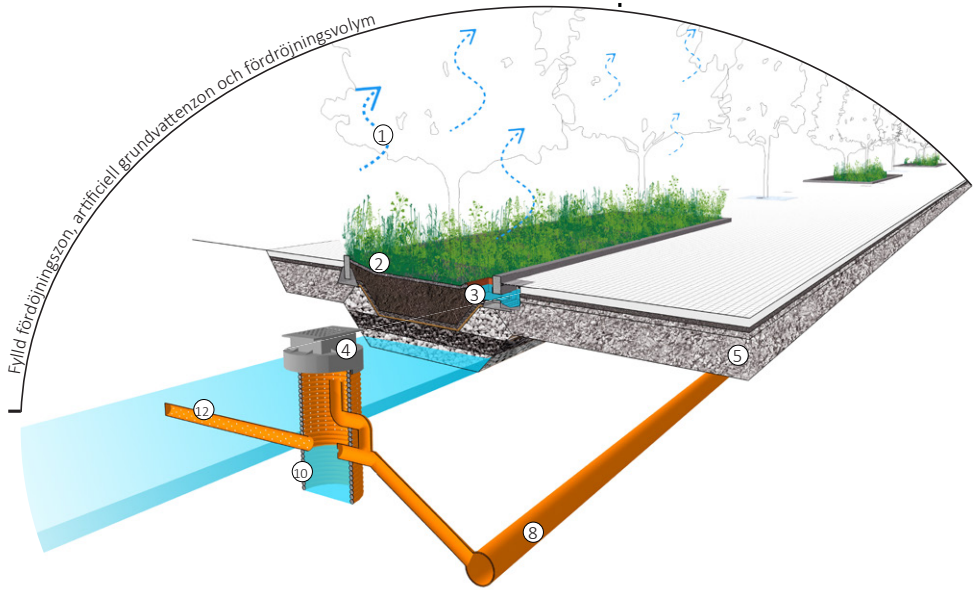


Figur 19. Illustrerar flödet vid ett kraftigt regn i ett BGG-system med regnbädd. Vid ett kraftigt regn som ger stora volymer dagvatten fylls fördröjningszonen i regnbädden fort. När den är fylld rinner dagvattnet vidare till styrningsbrunnen som leder ner dagvattnet i det öppna förstärkningslagret eller direkt vidare till dagvattennätet i mindre eller större grad. Planvy (till vänster), längdsnitt (överst), tredimensionell vy (nederst)

situation efter 24h







SEKTION

- A Tät hårdgjord yta
- B Dränerande hårdgjord yta
- C Träd i hårdgjord yta
- D Regnbädd
- E Vegetationsyta

FÖRKLARINGSTEXT

1. Avdunstning
2. Fördröjningszon i regnbädd
3. Inlopp med sandfångskar
4. Kanstöd med gjutning
5. Konventionell överbyggnad
6. Öppet förstärkningslager
7. Öppet förstärkningslager med biokol
8. Dagvattenstamledning
9. Luftbrunn
10. Styrningsbrunn med flödesregulering
11. Avbrott
12. Tömningsledning/spridningsledning

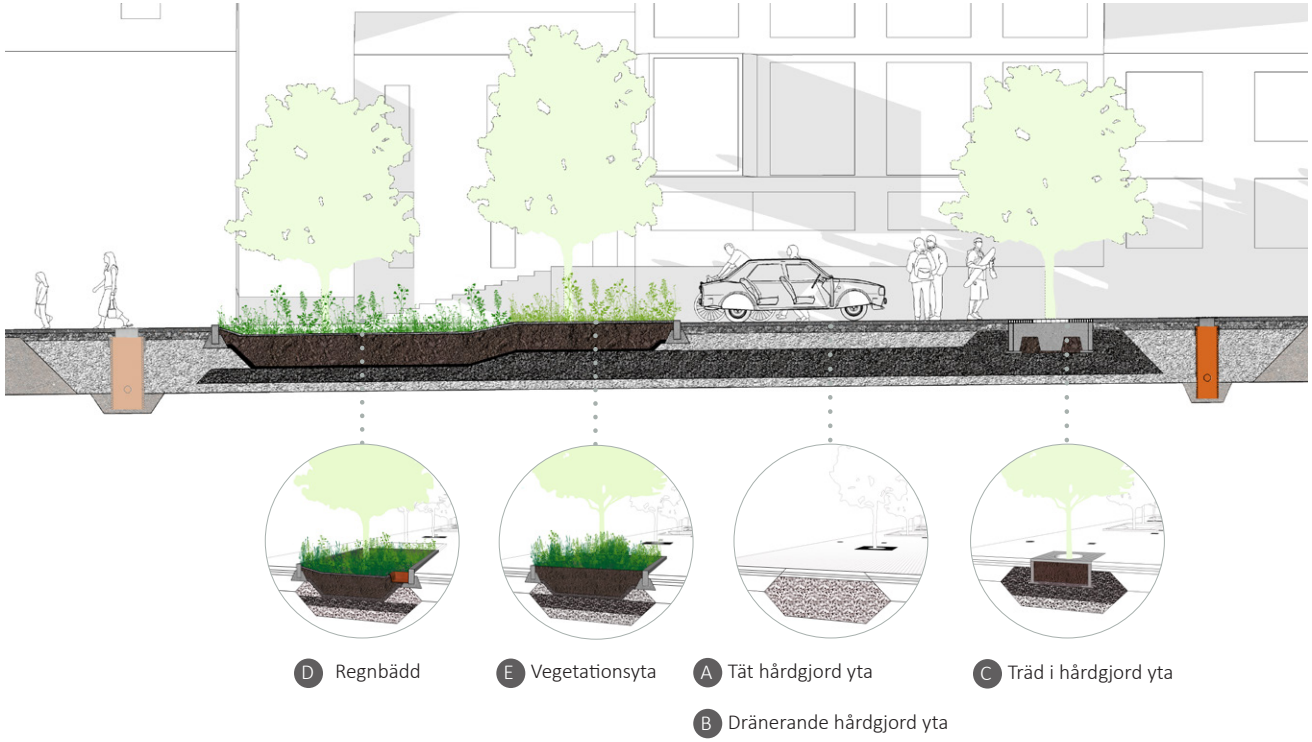
Låglinje
Stråk av öppet förstärkningslager

Vy
Brunn

Figur 20. Illustrerar situationen ett dygn efter att BGG-systemet har varit fyllt till max. Efter att systemet har varit fyllt till brädden ska det ta högst 24 h att tömma ut överskottsvattnet. Placeringen av vattengången styr hur mycket vatten som hålls kvar i botten på systemet. Detta vatten kan fungera som en artificiell grundvattenzon där vegetationen kan hämta vatten. Planvy (till vänster), längdsnitt (överst), tredimensionell vy (nederst)

6.3 Konstruktioner i marknivå

I den här handboken beskrivs fem konstruktioner som rekommenderas för anläggning på öppet förstärkningslager. Genom att använda lathunden (sid. 23) får man en fingervisning om vilka konstruktioner som är lämpliga för en viss plats. Konstruktionerna betecknas A-E både i lathunden och texten nedan.



Figur 21. Längdsnitt av en enhet med öppet förstärkningslager och olika konstruktioner i marknivå.

6.3.1 Tät hårdgjord yta (A)

Täta hårdgjorda ytor kan anläggas på öppet förstärkningslager för att skapa till exempel vägar, parkeringar, och GC-ytor. Dagvatten rinner av ytorna till låglinjer och lågpunkter där det leds via brunnar eller inlopp till en regnbädd som leder vattnet vidare genom brunnsväggen till det öppna förstärkningslagret.

Utformning och dimensionering av slit- och bärlager görs enligt konventionella metoder och ligger utanför ramen för den här handboken.

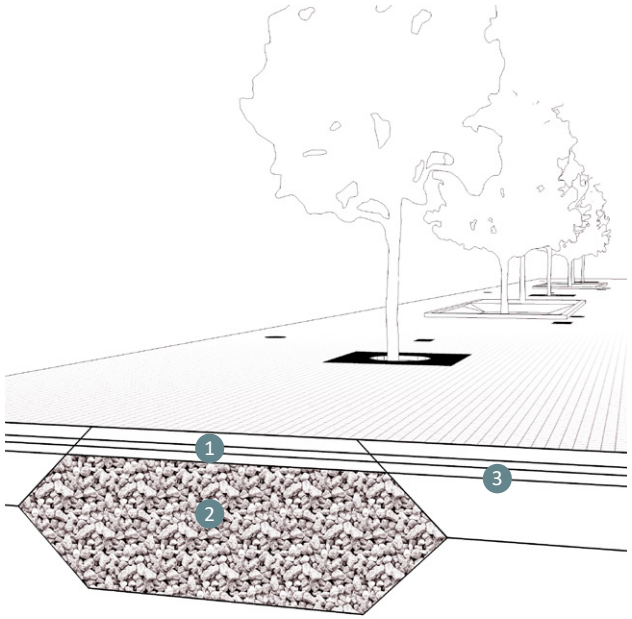
6.3.2 Dränerande hårdgjord yta (B)

Dränerande beläggning på öppen överbyggnad fördröjer och renar dagvattnet så fort det når marken. Den kan utgöras av dränerande asfalt, marksten, natursten eller grus. Beroende på typ av dränerande beläggning finns ett antal naturliga processer för vattenrening; filtrering, adsorption och biodegradering. Genom att ha genomsläppliga material i hela överbyggnaden skapas förutsättningar för dagvattnet att infiltrera ned till det öppna förstärkningslagret för ytterligare fördröjning och rening.

Eftersom en dränerande beläggning leder ner dagvattnet genom en stor yta blir inte varje punkt av det öppna förstärkningslagret särskilt hårt belastad. Då behöver inte flödeshastigheten i förstärkningslagret vara så hög och ett material med lägre kornfraktion kan användas t.ex 2/90. Detta ger möjlighet att anlägga en yta som tål högre trafikbelastning än trafikklass 2. Läs mer om trafikbelastning i Svensk Markbetongs handbok *Fördröjning av dagvatten med dränerande markstensbeläggning.* Där finner du även information om utformning och dimensionering av dränerande slit- och bärlager som ligger utanför ramen för den här handboken.

Cykelparkering med öppet förstärkningslager. Hela överbyggnaden under cykelparkeringen fungerar som växtbädd och dagvattenmagasin.
Södervärn, Malmö

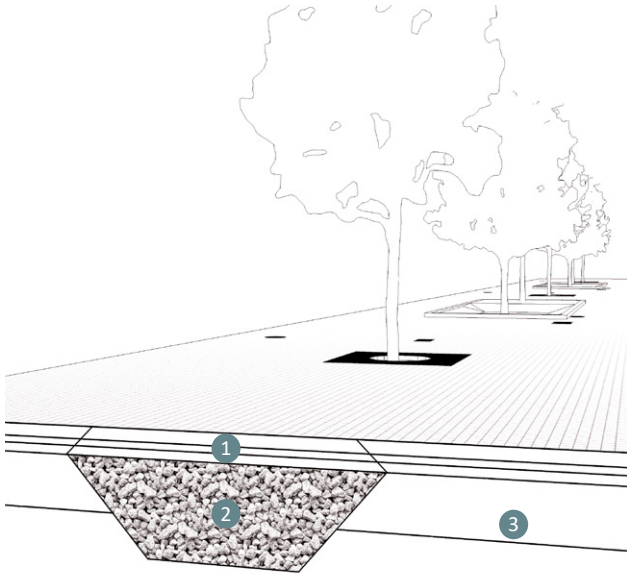
Högre krav



1. Dränerande eller tät beläggning och bärlager
2. Öppet förstärkningslager
3. Konventionell överbyggnad

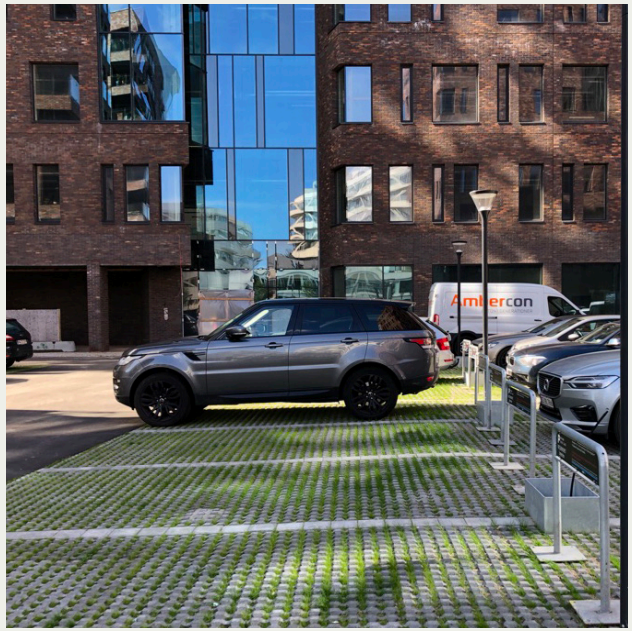
Figur 22. Hårdgjord yta på öppet förstärkningslager med generellt högre krav. Ytans slitlager kan vara antingen tätt eller dränerande.

Lägre krav



1. Dränerande eller tät beläggning och bärlager
2. Öppet förstärkningslager
3. Konventionell överbyggnad

Figur 23. Hårdgjord yta på öppet förstärkningslager med generellt lägre krav. Ytans slitlager kan vara antingen tätt eller dränerande.



Dränerande markstensbeläggning med gräs. Århus, Danmark

Tät / dränerande hårdgjord yta av asfalt.

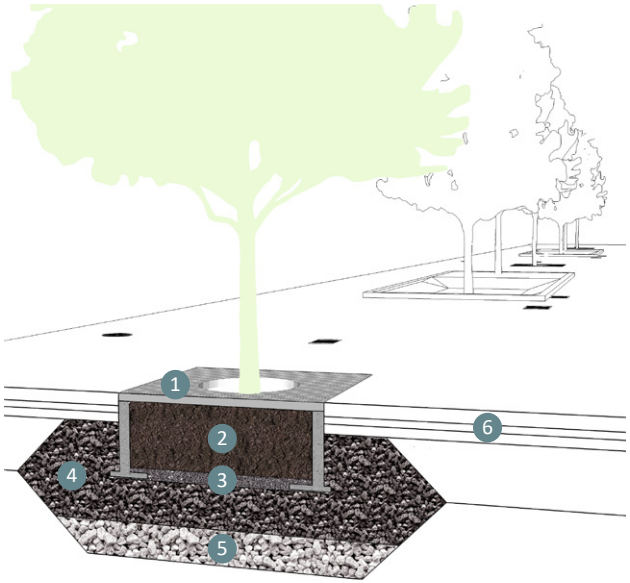
6.3.3 Träd i hårdgjord yta (C)

Denna typ av konstruktion lämpar sig där träd önskas men där det saknas plats för större plantering eller där kravet på hårdgöring är stort. Trädet planteras i ett fundament som placerats i det öppna förstärkningslagret. Genom öppningar i fundamentets sidor kan trädets rötter växa ut och tillgodogöra sig en stor växtbäddsvolym med bra gasutbyte och vattentillgång. Detta bidrar till att trädet utvecklar ett finförgrenat rotsystem som går på djupet vilket lägger grunden för vital vegetation och utökad vattenrening. Konstruktionens utformning säkerställer att rotsystemet inte går under beläggningen och spränger sönder den.

I fundamentet omgärdas trädet av växtsubstrat som har hög genomsläpplighet och lagom näringsinnehåll. Under detta blandas det öppna förstärkningslagrets med biokol och kompost. Biokolsblandningen kan med fördel sträcka sig ut omkring trädet för att skapa en större volym med goda växtförutsättningar. Uppe på fundamentet kan ett markgaller placeras eller så kan växter planteras i växtsubstratet, beroende på platsens behov av hårdgöring. Växtsubstratets yta kan skyddas mot uttorkning med ett täcklager av makadam som ansluter till markgaller eller sprids ut omkring planterade växter.

För att säkerställa tillräckligt med gasutbyte i marken placeras brunnar med luftningsfunktion. I varje stråk ska det finnas två brunnar för gasutbyte så att en ventilationseffekt uppstår. Till detta kan luftbrunnar, luftdagvattenbrunnar samt styrningsbrunnar användas.

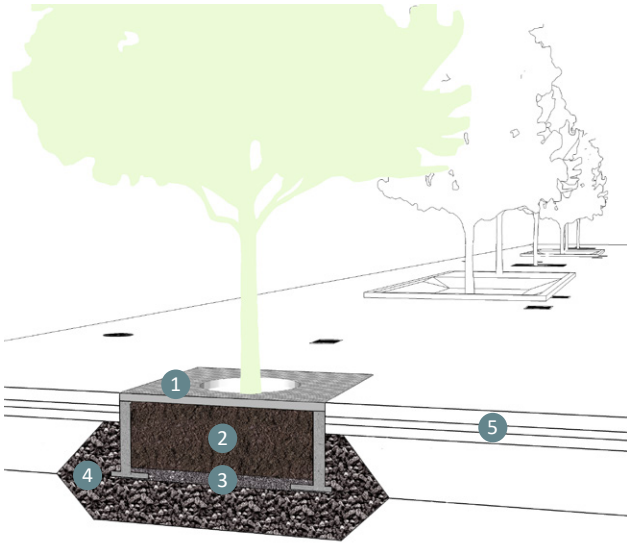
Högre krav



1. Markgaller
2. Övre växtsubstrat
3. Undre växtsubstrat
4. Öppet förstärkningslager med biokol
5. Öppet förstärkningslager
6. Konventionell överbyggnad

Figur 24. Träd i hårdgjord yta på öppet förstärkningslager med generellt högre krav.

Lägre krav



1. Markgaller
2. Övre växtsubstrat
3. Undre växtsubstrat
4. Öppet förstärkningslager med biokol
5. Konventionell överbyggnad

Figur 25. Träd i hårdgjord yta på öppet förstärkningslager med generellt lägre krav.

Fundament kan vara prefabricerade eller byggas upp med hjälp av granitkantstöd eller betongsyllar som en ram kring trädets rotklump. Speciallösningar, där flera sektioner byggs ihop, måste konstrueras så att de klarar en belastning på 20 kN/m2 om de ska trafikeras med fordon.

En detaljerad anläggningsbeskrivning finns att läsa i *Utförandebeskrivning av Blågröngrå system (Bilaga 1).*

Träd i hårdgjord yta. Under betongplattor i trädraden finns öppet förstärkningslager med biokol och kompost, under G/C-väg finns öppet förstärkningslager. Dagvatten leds via rännor till luftdagvattenbrunnar som leder ner vattnet till öppet förstärkningslager.
Södra järnvägsgatan, Växjö
Foto: Örjan Stål

6.3.4 Regnbädd (D)

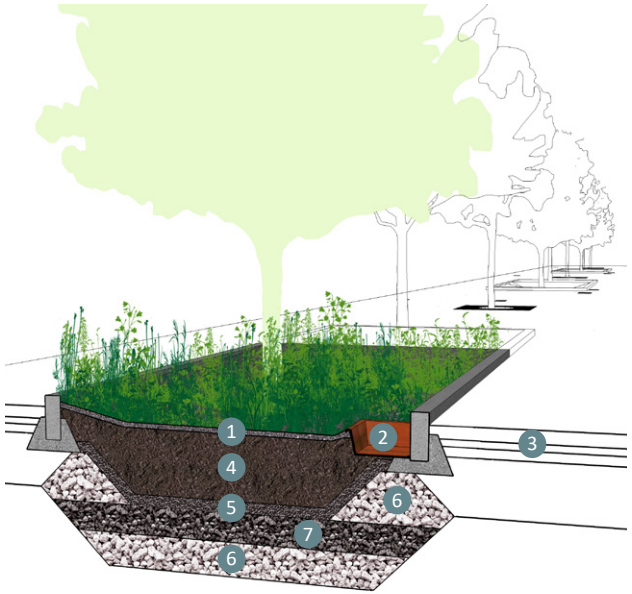
Regnbäddar är nyckelkonstruktioner i BGG-system eftersom de både fördröjer och renar dagvattnet samtidigt som de bidrar med ett grönt inslag i gaturummet. Det som är unikt för regnbäddar är att deras yta är svagt skålformad. På så sätt skapas ett utrymme där dagvatten kan bli stående innan det sakta infiltrerar ned genom växtbädden. Detta utrymme kallas fördröjningszon och är ofta 10-20 cm djupt. Om fördröjningszonen blir full kan dagvattnet bräddas till det öppna förstärkningslagret via en styrningsbrunn. På så sätt förhindras översvämning av gaturummet.

Vattenrening i regnbäddar sker genom filtrering, biologisk nedbrytning och upptag i växter och på partiklar. Tungmetaller är ofta bundna till partiklar och filtreras därför redan i ytskiktet. Näringsämnen och organiska föroreningar adsorberas av biokol och bryts ned av mikroorganismer och växter.

I regnbäddar används speciella växtsubstrat för att säkerställa genomsläpplighet och lågt näringsinnehåll. När vattnet infiltreras ned till det öppna förstärkningslagret finns risk att finmaterial från växtsubstratet dras med och orsaka igensättning. Detta undviks genom att använda material med partiklar som låser mot varandra. Växtsubstratet separeras även från det öppna förstärkningslagret med hjälp av en avskiljande kokosmatta.

Om regnbäddens yta ska planteras med växter bör den skyddas med ett täcklager av makadam 8-11 på minst 50mm. Det förhindrar avdunstning och ger växterna ett försprång gentemot ogräs. Ska regnbäddens yta utföras

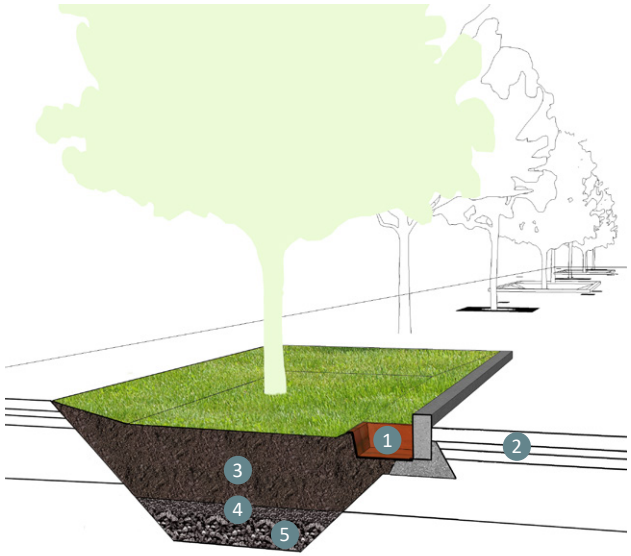
Högre krav



1. Täcklager
2. Inlopp med sandfångskar
3. Konventionell överbyggnad
4. Övre växtsubstrat
5. Undre växtsubstrat
6. Öppet förstärkningslager
7. Öppet förstärkningslager med biokol

Figur 26. Regnbädd på öppet förstärkningslager med generellt högre krav. Kan även utföras som gräsyta.

Lägre krav



1. Inlopp med sandfångskar
2. Konventionell överbyggnad
3. Övre växtsubstrat
4. Undre växtsubstrat
5. Öppet förstärkningslager med biokol

Figur 27. Regnbädd på öppet förstärkningslager med generellt lägre krav. Kan även utföras som perenn- och buskplantering.

med grässådd behövs inget täcklager.
Regnbäddens yta kan även täckas av täta eller perforerade plåtar, vilket skapar en täckt regnbädd, se avsnitt 6.3.5. På så sätt bidrar regnbädden med fördröjning och filtrering av dagvatten men bidrar i mindre utsträckning till stadens grönska.

Ett mycket viktigt moment för att säkerställa regnbäddens och gaturummets funktion är utformning av inloppet. Ett väl genomtänkt inlopp kan förhindra flera framtida problem, till exempel erosionsskador eller att snöröjningsredskap kör emot och orsakar skador. Men framförallt att dagvatten kommer in i regnbädden.

6.3.4.1 Inlopp

Det finns två generella utformningsprinciper för regnbäddsinlopp; inlopp på bred front eller koncentrerat inlopp. Att släppa in dagvattnet på bred front görs genom att förlägga regnbäddens ena långsida i nivå med en låglinje så att vatten kan rinna ohindrat in i bädden. Koncentrerat inlopp utgörs av en ledning eller öppning i upphöjt kantstöd som låter vattnet från gatan passera in i regnbädden vid en viss punkt. Båda lösningarna har för- och nackdelar som presenteras i större detalj nedan.

Inlopp på bred front gör att dagvattnet fördelas jämnt över regnbädden. Detta minskar risken för erosionsskador och igensättning av främmande material som hindrar tillströmningen. Nackdelen med detta sätt är att stora mängder sediment och halkbekämpningsmedel kan föras in i regnbädden vilket kräver manuella underhållsåtgärder för att avlägsna. Att sänka ner kantstödet ökar också risken för att fordon kör ner i regnbädden med skador som följd.

Vid koncentrerat inlopp är det viktigt att ta dagvattnets stora flödesenergi i beaktande eftersom denna kan resultera i erosionsskador i regnbädden. Det är inte ovanligt att flödet vid inloppet kommer upp i en intensitet på 10 – 20 l/s vid kraftiga regn. Genom att lägga grov makadam närmast inloppet eller bromsa upp vattnet i ett sandfångskar minskas flödesenergin. I ett sandfångskar fastnar även sand och sediment så att vattnet som når regnbädden blir renare. Detta förlänger tiden innan underhållsåtgärder behöver utföras.

Om flödeshastigheten på gatan är hög finns risk att stor del av vattnet rinner förbi inloppet. Inloppet bör därför vara minst 50 cm brett. Om inte detta är möjligt kan kraftig lutning eller en brunn som ändrar vattnets flöde användas. Smalare inlopp innebär dock en risk för igensättning av till exempel löv och skräp. Inloppet får inte utformas med skarpa kanter eftersom dessa kan utgöra hinder vid snöröjning. Nedan redovisas tre exempel på utformning av koncentrerade inlopp som är lämpliga.

En detaljerad anläggningsbeskrivning finns att läsa i *Utförandebeskrivning av Blågröngrå system (Bilaga 1).*

Inlopp med försänkt kantstöd

Inlopp med bygel och sandfångskar

Inlopp med ytlig brunn och sandfångskar till vänster. Regnbädd till täcklager av makadam till höger

6.3.5 Täckt regnbädd

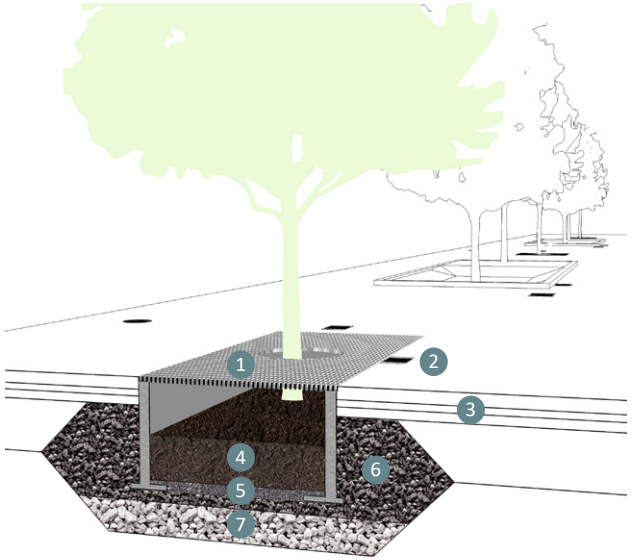
Om man är i behov av funktionerna fördröjning och rening ovan och i en växtbädd men inte önskar undervegetation och är i behov av att kunna trafikera ovan växtbädden, kan Täckt regnbädd vara ett alternativ. I den Täckta regnbädden utnyttjar man komponenter (markgaller och trädgropsfundament) och funktioner (gå och cykla ovan växtbädd) från konstruktionen Träd i hårdgjord yta och applicerar dem ihop med en regnbädd. Se figurer s. 51. Att använda betongfundament är ett effektivt sätt att hålla isär material och öka bärigheten på kringliggande hårdgjorda ytor men man ska beakta att det genererar ökade kostnader och insatser vid eventuella framtida schaktbehov och förändringar av konstruktionen.

En fördel med denna konstruktion är att man kan placera andra funktioner ovanpå regnbädden, exempelvis cykelställ, papperskorgar mm. Man kan även använda ytan som upplag vid snöröjning.

När undervegetationen tas bort från en regnbädd minskar tillförseln av organiskt material och tillväxt och död av rötter och därmed produktion av bioporer som är viktiga för infiltrationsförmågan. Hur detta kommer att påverka infiltrationsförmågan i växtsubstratet på sikt är oklart och behöver undersökas. För mer information och typritningar se Nacka kommuns Tekniska handbok.

Träd i regnbädd placerad i flexzon Halmstad

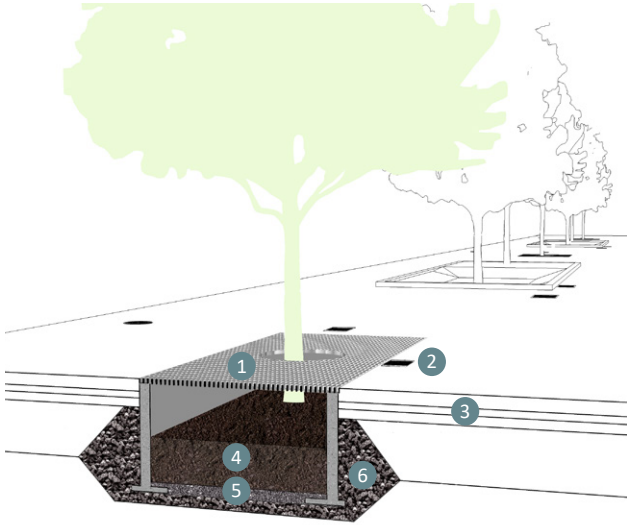
Högre krav



1. Markgaller
2. Luftdagvattenbrunn
3. Konventionell överbyggnad
4. Övre växtsubstrat
5. Undre växtsubstrat
6. Öppet förstärkningslager med biokol
7. Öppet förstärkningslager

Figur 28. Täckt regnbädd på öppet förstärkningslager med generellt högre krav.

Lägre krav



1. Markgaller
2. Luftdagvattenbrunn
3. Konventionell överbyggnad
4. Övre växtsubstrat
5. Undre växtsubstrat
6. Öppet förstärkningslager med biokol

Figur 29. Täckt regnbädd på öppet förstärkningslager med generellt lägre krav.

Exempel på hur en Täckt regnbädd skulle kunna se ut i marknivå. Denna konstruktion saknar fördröjningszon. Norra Djurgårdsstaden, Stockholm

6.3.6 Vegetationsyta (E)

Vegetationsyta på öppet förstärkningslager kan vara ett grönt alternativ där behovet av dagvattenrening inte är så stort. Vatten leds istället till det öppna förstärkningslagret via brunnar för omhändertagande. I vegetationsytor inom BGG-system används genomsläppliga växtsubstrat direkt ovanför det öppna förstärkningslagret. Detta ger rötterna goda möjligheter att växa ut i förstärkningslagrets stora volymer av makadam och biokol.

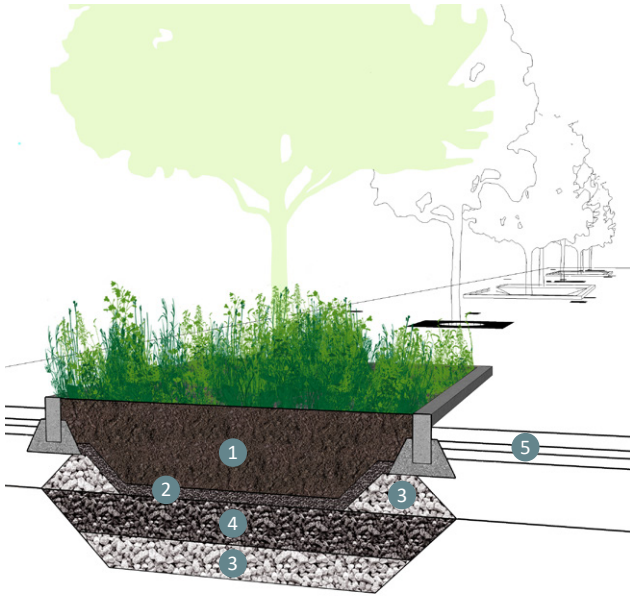
Vatten når vegetationsytan underifrån via det öppna förstärkningslagret. I en regnbädd separeras växtsubstratet från det öppna förstärkningslagret med hjälp av en avskiljande kokosmatta. I en vegetationsyta är det däremot bara är en mycket liten mängd vatten som sipprar ner i förstärkningslagret från växtbädden varför man i vegetationsytor kan utesluta den avskiljande kokosmattan.

Förutom användandet av växtsubstrat skiljer sig en vegetationsyta i BGG-system mycket lite från dess konventionella motsvarighet. En detaljerad anläggningsbeskrivning finns att läsa i *Utförandebeskrivning av Blågröngrå system (Bilaga 1).*

Om vegetationsytan ska planteras med växter kan den skyddas med ett täcklager av makadam 8-11 på ca 50mm. Det förhindrar avdunstning och ger växterna ett försprång gentemot ogräs. Ska vegetationsytan utföras med grässådd behövs inget täcklager.

Vegetationsyta på öppet förstärkningslager
Växjö

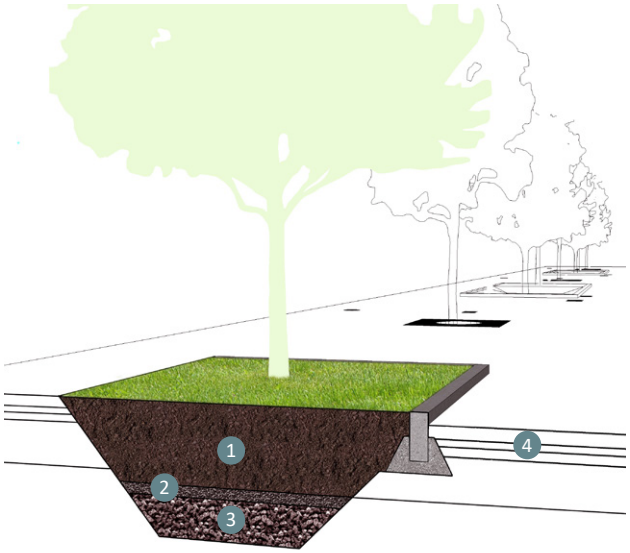
Högre krav



1. Övre växtsubstrat
2. Undre växtsubstrat
3. Öppet förstärkningslager
4. Öppet förstärkningslager med biokol
5. Konventionell överbyggnad

Figur 30. Vegetationsyta på öppet förstärkningslager med generellt högre krav. Kan även utföras som gräsyta.

Lägre krav



1. Övre växtsubstrat
2. Undre växtsubstrat
3. Öppet förstärkningslager med biokol
4. Konventionell överbyggnad

Figur 31. Vegetationsyta på öppet förstärkningslager med generellt lägre krav. Kan även utföras som perenn- och buskplantering.

Vegetationsyta på öppet förstärkningslager. Intag av dagvatten via brunn till öppet förstärkningslager. Graz, Österrike

6.4 Material

I detta kapitel berörs de olika materialen som används i BGG-system.

6.4.1 Makadam till öppet förstärkningslager

För att förstärkningslagret ska bli öppet och därmed tillgängligt för dagvatten och växtrötter byggs det upp av bergkross där de mindre fraktionerna sållats bort s.k. makadam och då kallas det för i dessa sammanhang öppet förstärkningslager. Exempel på lämpliga fraktionsgränser är 2/ 90, 16/90, 32/63 eller 32/90. Krosskärv 90/150 kan också användas vilket ligger utanför denna handbok och vi hänvisar till Stockholms stads trädhandbok för vidare läsning.

De mindre fraktionerna i samkross gör att bergkrosset bara får mycket små porer. Dessa små porer/hålrum är så små vilket gör att dagvattnets flödeshastighet och gasutbytet blir så väldigt låg att den kan bortses från. Om flödeshastigheten är för låg kan inte materialet användas för fördröjning eftersom vattnet inte kan tränga in i det tillräckligt snabbt. Genom att använda makadam som grundmaterial i det öppna förstärkningslagret kan man skapa en anläggning som har stora porer, hög flödeshastighet av vatten och gas och hög bärighet. I det öppna förstärkningslagret kan inte vatten transporteras upp via kapillarkrafter och därmed kan inga islinser bildas som skulle kunna skapa tjälskjutning och lyftning av marknivån. Likaså ska allt överskottsvatten vara borta inom 24 timmar efter ett regn har upphört.

Öppet förstärkningslager anläggs i flera lager med maximalt 300 mm tjocklek. Varje lager ska packas noggrant innan nästa läggs ut. Undermålig packning är en stor orsak till sättningar i hårdgjorda ytor. Beroende på vilka funktioner (bärighet, växtbädd och fördröjning) och grad av dem, kan olika fraktionsspann användas. Exempelvis önskas bara funktionerna bärighet och fördröjning av dagvatten som inkommer vertikalt kan makadam 2/90 användas. Under vegetationsytor där fördröjning och växtbädd prioriteras kan makadam 32/63 användas. För ytor där alla tre funktionerna prioriteras och önskas kan makadam 16/90 användas. En faktor som också påverkar valet av fraktionsspann är vilket fraktionsspann som nästkommande material består av. Detta för att förhindra partikelvandring och sättningar. Genom en stegvis minskande nedre fraktionsgräns blir övergången till avjämnande lager, undre växtsubstrat och bärlager liten och de mindre partiklarna klarar av att brygga mot det grövre materialets större porer. I tabell 1 visas exempel på fraktionsgränser som kan används i BGG-system med olika huvudsyften.

I det öppna förstärkningslagret blandas det ibland i renings- och växtbäddsförbättrande substrat, se kapitel 6.4.3.1. Typ av, näringsinnehåll och mängd styrs av målet med systemet avseende växt, rening o fördröjning.

Avseende biokol och makadamens egenskaper och funktion som del av växtbädd se kapitel 6.4.4. Växtsubstrat.

	Prioriterad funktion med förslag på fraktionsspann (mm)		
Lager	**Fördröjning/ bärighet Dränerande beläggning**	**Fördröjning/ bärighet/ växtbädd Ej dränerande beläggning**	**Växtbädd/ fördröjning**
Bärlager	2/32	0/32	(växtsubstrat)
Öppet förstärkningslager	2/90, 16/90	16/90	32/63, 32/90, 16/90

Tabell 1.
Exempel på lämpliga fraktionsgränser för BGG-system med olika huvudsyften. Alla fraktionsgränser anges i mm.

6.4.2 Geotextil

Geotextil används för att stänga finmaterial ute från BGG-systemet eftersom det annars kan orsaka igensättning och försämrad funktion. Alla delar av systemet som innehåller finmaterial, till exempel avbrott och kringfyllnad vid konventionella brunnar, ska vara täckta av geotextil. Beroende på uppbyggnad av omgivande mark kan även systemets botten och väggar behöva täckas.

Under dagvattentunnlar (läs mer i avsnitt 6.6.5, sid.59) används en särskilt tålig geotextil som är vävd. Det är nödvändigt för att hålla för de krafter som uppstår då tunneln spolas ren från ansamlade sediment.

6.4.3 Biokol

För att förbättra det öppna förstärkningslagrets och växtsubstratens funktion som växtbädd och reningsanläggning blandas makadamen / substratet med biokol där växter förekommer. Biokol framställs av organiska restprodukter som genomgår pyrolys, det vill säga syrefri upphettning. Processen sker under höga temperaturer vilket gör att föroreningar som tungmetaller och PAH[1] förgasas. Biokolet får en porös struktur som gör att det binder vatten, näring och föroreningar vilket gynnar både växter och mikroorganismer. Det fungerar även som långvarig kolsänka eftersom det har mycket lång nedbrytningstid.

Det rekommenderas att använda certifierat biokol för att säkerställa önskad kvalitet och att det producerats med lämpliga material och metoder. ***European Biochar Certificat*** (EBC) är en certifiering av biokol i två kvalitetsnivåer, Premium och Basic. Båda är lämpliga för BGG-system.

6.4.3.1 Biokol och andra jordförbättrande preparat i BGG-system

Biokolets och kompostens förmåga att binda näring används i BGG-system för att rena dagvattnet. Mängden näring som förs med dagvattnet till bäddarna gör att det ständigt kommer tillskott som fångas upp och kommer vegetationen till godo. I planteringar som inte tillförs dagvatten i samma utsträckning kan näringsbrist uppstå. I dessa växtbäddar används biokol som i förväg berikats med näring.

Biokolets förmåga att binda föroreningar avtar med tiden. Å andra sidan bidrar vegetationen som gynnats av biokolet till förbättrad rening. Likaså tillförs konstant nya kpl Det krävs mer forskning för att avgöra hur dessa processer fungerar och hur snabbt de sker.

I nya BGG-anläggningar finns risk att biokolen, liksom andra finpartiklar som kan blandas in såsom kompost, pimpsten m.fl, tvättas bort med dagvattnet och därmed belastar recipienten med näringsämnen. När systemet har mognat, det vill säga när trädrötter och mikroliv har utvecklats, minskar detta. För att förhindra denna olägenhet kan filter som fångar upp små partiklar installeras i en brunn innan recipienten.

[1] Polycykliska aromatiska kolväten. Cancerogena ämnen som uppstår vid förbränning.

För mer information om biokol och biokolscertifiering se www.biokol.org och http://www.european-biochar.org/en

I vänstra handen finns biokol som genomgått pyrolys. I högra handen finns råvaran, i detta fall pellets av organiskt restmaterial.

6.4.4 Växtsubstrat

Växtsubstrat betecknar de material som används inom en växtbädd, ovan det öppna förstärkningslagret. Eftersom växtbäddar inom BGG-system är anlagda med genomsläpplighet och rening i åtanke är vanliga växtjordar ofta olämpliga. B-jord enligt AMAs definition eller en jord med över 70% sand kan dock fungera i planteringar som inte har höga krav på infiltration.

I regnbäddar flödar dagvattnet genom växtsubstratet, ned till det öppna förstärkningslagret. För att inte substratet ska följa med vattenflödet bör det utgöras av partiklar vars form och storlek gör att de bryggar mot och låser varandra. Lämpliga krav på växtsubstratet anges i tabell 2.

Rekommenderade växtsubstrat är även tåliga under anläggningsprocessen. Många växtjordar riskerar att bli kompakterade om de utsätts för anläggningsmaskiner eller tippas av i för stora högar. Ett växtsubstrat som innehåller låg halt lerpartiklar och organiskt material är mer motståndskraftigt mot skador från kompaktion, salt eller blöta förhållanden.

För att förbättra växtsubstratets funktion som växtbädd och reningsanläggning kan biokol, pimpsten och kompost blandas in. Genom att använda ett växtsubstrat med biokol binds näring från dagvattnet och blir tillgängligt för växterna. I planteringar som inte nås av tillrinnande dagvatten i samma utsträckning kan biokolet berikas med näring i förväg.

För att minska resursförbrukning och transporter kan det vara önskvärt att återanvända befintlig jord. För att inte orsaka igensättning av BGG-system bör detta begränsas till anslutande grönytor som avskiljs från det öppna förstärkningslagret genom konceptet med bryggning, se tabell 2. Hantering och lagring kan dock orsaka skador på jordens mikroliv och struktur vilket gör att jordförbättring ofta är nödvändig.

Vill man läsa mer om växtsubstrat och flöden i substrat se *Komponent- och materiallista för BGG-system (Bilaga 4), Moviums faktablad nr 2 - 2015 och Växtbäddar och avvattningslösningar för sportgräsytor.*

Moviums faktablad nr 2 - 2015 **om regnbäddar beskriver principerna för avvattning och växtsubstrat i större detalj.**

Växtbäddar och avvattningslösningar för sportgräsytor **beskriver avvattning av växtbäddar och hur det påverkar markuppbyggnaden**

Egenskaper	Rekommendation
Bryggningsfaktor	D^{15} (grus) mindre än eller lika med 5 X D^{85} (växtsubstrat)
Permeabilitetsfaktor	D^{15} (grus) större än eller lika med 5 X D^{15} (växtsubstrat)

Tabell 2.
Rekommendationer på dräneringsgrusets underliggande materials textur och förhållande till ovanliggande material växtsubstrat (Fridell, 2015).

6.5 Avvattningsprinciper

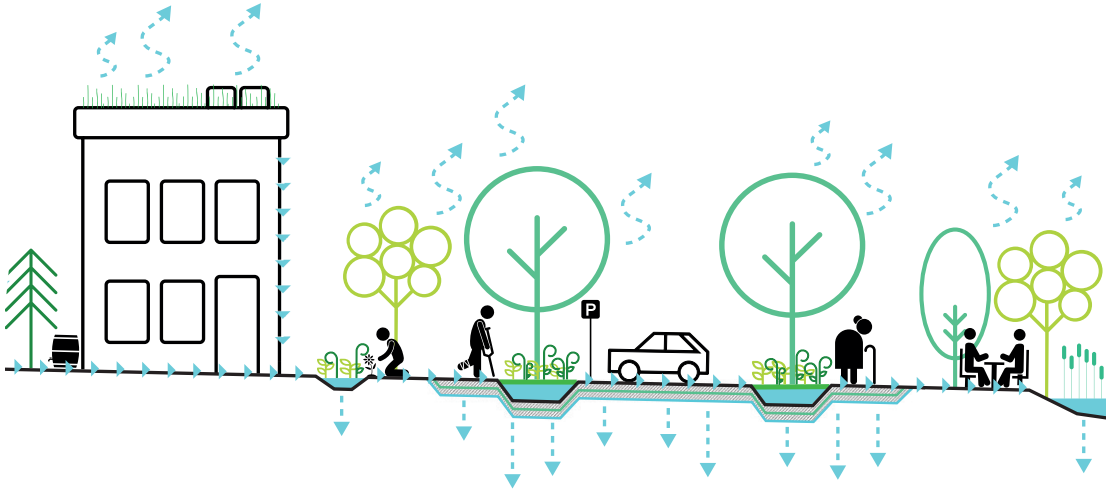
Det finns två huvudprinciper för avvattning av BGG-system; perkolation genom terrassen och avledning via tömningsledning till dagvattenledningssystemet. Beroende på hur högt tömningsledningen läggs kan en kombination av principerna skapas. Vilken variant som väljs beror bland annat på terrassens infiltrationskapacitet, vegetationens behov och krav på att skydda terrassen och undergrund.

6.5.1 Perkolation till undergrund

Om dagvattnet är förhållandevis rent, undergrunden fri från föroreningar och bestående av material som tillåter perkolation kan man lämna terrassen oskyddad under det öppna förstärkningslagret. Detta gör att dagvattnet sipprar ner och fyller på grundvattnet. Terrassens perkolationshastighet är avgörande för hur snabbt det öppna förstärkningslagret töms.

Alltför hög perkolationshastighet är inte att rekommendera för det minskar den bevattnande effekten på växtbäddar som kan torka ut alltför fort.

När man beräknar tömningskapaciteten via perkolation till undergrund ska man ta i beaktande att terrassbotten med tiden kan täppas till med sediment.



Figur 32. BGG-system möjliggör att stora mängder dagvatten kan infiltreras och perkoleras ner och fylla på grundvattnet

6.5.2 Dränering/ avledning

Dränering av ett öppet förstärkningslager görs enligt konventionella principer med dräneringsledning (tömningsledning) eller dagvattentunnel kopplad till en brunn eller via perkolationshål i brunnens sidor. I ett BGG-system finns möjlighet att använda styrningsbrunnar och flödesregulatorer för att anpassa avtappningen för systemets ändamål. Läs mer om detta under avsnitt 6.2.6 Styrning av vattenflöde, sid. 38 samt se figur 17-20, sid. 39-42. Om det finns behov av att skydda grundvattnet kan systemets botten och sidor tätas med geomembran. Då avleds dagvattnet enbart genom avledning till styrningsbrunnar.

6.5.3 Artificiell grundvattenzon

En artificiell grundvattenzon skapas genom att sätta utloppsnivån i systemet några decimeter ovanför det öppna förstärkningslagrets botten. På så sätt blir vatten stående på botten en längre tid och försörjer växtbädden med vatten. Vattnet i en artificiell grundvattenzon kan också bidra till en bättre fuktning av hela systemets och därmed gynna vegetationen. För att maximera denna effekt kan flera små vallar anläggas i zonen. Vallarna förhindrar vattnet från att rinna till systemets lågpunkt så att det blir stående under en större del av systemets bottenyta. De kan byggas upp på samma sätt som de avbrott som delar in sammanhängande stråk av öppet förstärkningslager i enheter men behöver inte vara lika höga. Läs mer om avbrott i avsnitt 6.2.4 ovan.

I en sådan zon kan syrefria förhållanden uppstå efter en längre tid. I sådan miljö gynnas mikrober som kan rena dagvattnet genom att omvandla komplexa organiska föroreningar till enklare, mindre skadliga föreningar.

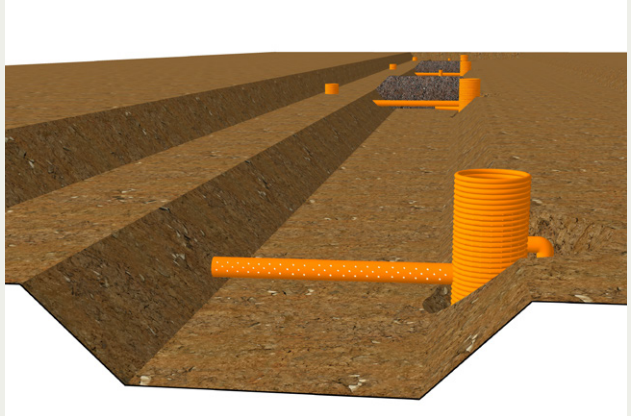
6.6 Komponenter i BGG-system

Utvecklingen går snabbt och vi får hela tiden erfarenhetsåterkoppling från drift och anläggningar som byggs. För senaste komponent, se hemsida...

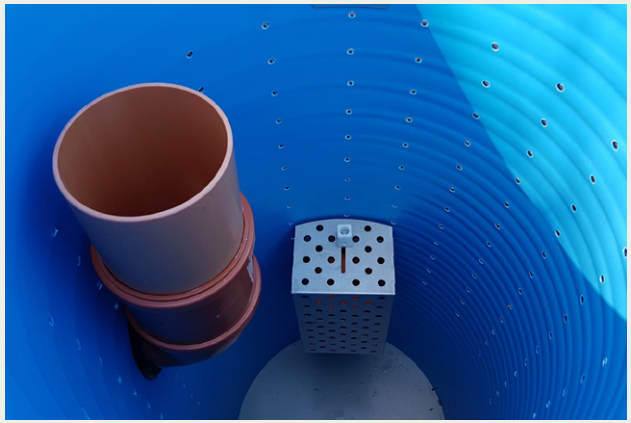
6.6.1 Styrningsbrunnar

Styrningsbrunnar fördelar vatten inom det öppna förstärkningslagret och till det konventionella ledningsnätet på ett kontrollerat sätt. Vattnet flödar in och ut ur brunnarna genom betäckning, ledningar eller perforering i brunnens vägg. Brunnar kan även ta emot vatten från närliggande tak. Styrning av utflödet görs genom flödesregulatorer. Hur mycket vatten de släpper igenom kan när som helst justeras genom att byta ut en så kallad regulatorspade. Detta gör kontrollen av vattenflödet enkel och underlättar vid till exempel underhållsarbeten och grävningar.

I sammanhängande stråk av öppet förstärkningslager placeras styrningsbrunnar oftast vid den lägst liggande delen inom varje enhet. På detta sätt utnyttjas gravitationskraften för att tömma förstärkningslagret. För att undvika skador och överbelastning av systemet finns en bräddningsledning som leder dagvattnet förbi flödesregulatorn och går ohindrat till dagvattennätet.



Figur 33. Visar styrningsbrunn och tömning-/ spridningsledning, innan man fyllt upp med öppet förstärkningslager.



Insidan av styrningsbrunn. Brunnens väggar är perforerade för att vatten och luft ska kunna passera. I mitten av bilden syns skyddsburen som skyddar flödesregulatorn. Till vänster syns en orange bräddningsledning

Dagvattentunnlar under anläggningsskedet som ansluts till styrningsbrunnen. Den vävda geotextilen hindrar att sediment når det öppna förstärkningsmaterialet.

Spolning av en dagvattentunnel vid tömning av sediment

6.6.2 Luftdagvattenbrunnar

Luftdagvattenbrunnar placeras i låglinjer eller lågpunkter för att ta emot dagvatten och sörja för systemets gasutbyte, precis som styrningsbrunnar men utan det system av ledningar och flödesregulatorer som dessa har. Istället leds dagvatten antingen direkt till öppet förstärkningslager via perkolaionshål i brunnens sidor, till dagvattentunnlar eller styrningsbrunnar via antingen en tät ledning eller en dräneringsledning. Om dräneringsledning används sipprar vattnet in i det öppna förstärkningslagret redan på vägen till styrningsbrunnen. Luftdagvattenbrunnen har perforerade sidor och när den kopplas samman med dräneringsledningar kan luft flöda in eller ut ur förstärkningslagret.

6.6.3 Luftbrunnar

Rena luftbrunnar har perforerade sidor men saknar koppling till styrningsbrunnar. Luft och i viss mån även vatten, kan ta sig in genom betäckningen och strömma ut i det öppna förstärkningslagret genom brunnens perforerade sidor.

6.6.4 Placering av brunnar

Behovet av brunnar för styrning av dagvatten eller luftning beror på hur BGG-systemet utformas. Om markuppbyggnaden omkring systemet är väldigt tät kan varje enskild konstruktion behöva sina egna brunnar. På system med sammanhängande stråk av öppet förstärkningslager räcker det ofta med brunnar på de nedan beskrivna platserna.

6.6.5 Dagvattentunnlar (extrautrustning)

Dagvattentunnlar behövs främst om dagvatten leds direkt från en yta med mycket sediment, exempelvis högtrafikerade ytor, direkt ner i förstärkningslagret.

Dagvattentunnlar är nedgrävda halvcylindrar av plast. Vatten som leds in i dem sipprar därefter ut genom perforeringar i tunnelns vägg eller filtreras genom geotextilen. På detta sätt avskiljs sediment från dagvattnet och hindras från att komma in i det öppna förstärkningslagret. Dagvattentunnlar ansluts till styrningsbrunnar och kan därifrån spolas rent när mängden sediment som ansamlats blivit för hög (se foton på dagvattentunnlar). I botten på dagvattentunneln läggs en speciellt tålig geotextil som är vävd som kan stå emot de krafter som uppstår när tunneln spolas.

6.6.6 Brunnsfilter (extrautrustning)

Brunnsfilter kan vara aktuellt att användas inom BGG-system men tas inte upp i denna handbok.

6.7 Vegetation för BGG-system

För att säkerställa långsiktigt hållbar vegetation i våra gaturum är det viktigt att välja växter anpassade efter ståndorten. Krav på växter till ett BGG-system skiljer sig inte så mycket från konventionella planteringar på allmän platsmark. Det ska vara växter som är anpassade mot många olika miljötryck. I ett BGG-system innebär detta att växterna ska vara tåliga för längre perioder av torka, kortare perioder med stående vatten och låga näringsnivåer. Man ska alltså inte låta sig luras av namnet ”regnbädd” och tro att det innebär en ovanligt fuktig växtplats. Däremot kan en regnbädd, även vid mindre nederbörd, bevattnas upp snabbt i och med att den är så mycket mindre än avrinningsområdet. Exempelvis: avrinner 5mm nederbörd och regnbädden är 5% av avrinningsområdet mottar den en vattenvolym på 100mm per kvadratmeter. Växter som i naturen förekommer på platser med fluktuerande grundvattennivå är ofta väl lämpade för BGG-systemets fuktförhållanden.

Stående vatten är problematiskt för många växter eftersom det innebär att marken blir syrefattig. Både bristen på syre och överskott av gaser som bildas under anaerob (syrefri) nedbrytning är skadligt för växtrötter. De skador som uppkommer leder till sämre upptag av både vatten och näring vilket kan uttryckas som torkskador på växten och leda till sämre förankring. De flesta växter klarar dock kortare perioder med stående vatten utan större problem, speciellt om det inträffar på vintern då de är i vila och påverkas lite av omgivningen. En växtbädd som tar emot mycket vatten från snösmältning kan därför ha friska växter så länge vattnet har sjunkit undan innan temperaturen stiger och växternas rotaktivitet startar.

Det är fördelaktigt att välja vegetation som har kvar vackra växtdelar som kan stå kvar under vintern för att hjälpa till att penetrera eventuell isbildning så att funktionerna gasutbytet och infiltration av dagvatten även fungerar under vintern. Detta skapar även estetiska och biologiska värden. BGG-system har generellt väldigt högt gasutbyte på grund av sin uppbyggnad vilket bidrar till ett frodigt mikroliv. En välfungerande symbios mellan växter och mikroliv bidrar i sin tur till ett större närings- och vattenupptag vilket gynnar det vedartade växtmaterialet.

När växter ska väljas till en regnbädd, tänk då på att de ska stå i en sänkt yta jämfört med kringliggande nivåer. Detta gör att högre växter med fördel kan väljas så att de kan upplevas av förbipasserande. Växter som är lite högre och har styv stjälk är även fördelaktiga i regnbäddar. Högre växter klarar av om vatten blir stående då någon del av växten kan hålla sig ovanför vattenytan, och växter med styvare stjälk klarar av att motstå vattenflöden bättre.

På nästa sida finns förslag på lämpligt växtmaterial till BGG-system i makadambaserade substrat och överbyggnader.

I ett BGG-system ska växterna vara tåliga för längre perioder av torka, kortare perioder med stående vatten och låga näringsnivåer.

PERENNER

Achillea spp.	Röllika, flera sorter
Agastache spp.	Anisisop, flera sorter
Anaphalis triplinervis	Ulleternell
Anemone coronaria	Bukettanemon
Anemone sylvestris	Tovsippa
Anemone tomentosa 'Robustissima'	Silvr. Höstanemon
Artemisia Schmidtiana	Krypmalört
Aster macrophyllus 'Twilight'	Glandelaster
Astrantia major 'Shaggy'	Stjärnflocka
Bistorta amplexicaulis	Blodormrot
Brunnera macrophylla	Kaukasisk förgätmigej
Calamintha nepeta	Stenkyndel
Ceratostigma plumbaginoides	Blåblomma
Coreopsis verticillata	Höstöga
Crambe maritima	Strandkål
Dianthus carthusianorum	Brödranejlika
Echinacea spp.	Solhatt, flera sorter
Eremurus spp.	Stäpplilja, flera sorter
Eryngium maritimum	Martorn
Euphorbia polychroma 'Bonfire'	Gulltörel
Gaura lindheimeri	Sommarljus
Geranium spp.	Näva, flera sorter
Gypsophila paniculata	Brudslöja
Helianthus salicifolius	Skobandssolros
Helleborus spp.	Hybridjulros, flera sorter
Hemerocallis spp.	Dagliljor
Hosta 'Purple Heart'	Funkia
Hylotelephium spp.	Kärleksört, flera sorter
Iris spp.	Iris, flera sorter
Knautia macedonica	Grekisk vädd
Liatris pycnostachya	Rosenstav
Lychnis flos 'Cuculi'	Gökblomster
Lythrum salicaria	Fackelblomster
Nepeta faassenii	Kantnepata
Oregano 'Herrenhausen'	Oregano
Persicaria spp.	Ormrot, flera sorter
Persicaria Amplexicaulis	Blodormrot
Phlox spp.	Flox, flera sorter
Potentilla nepalensis	Indisk fingerört
Potentilla tridenta 'Nuuk'	Grönlandsfingerört
Pulsatilla vulgaris	Backsippa
Salvia nemorosa 'Sensation rose'	Salvia
Sanguisorba officinalis	Blodtopp
Sanguisorba tenuifolia	Pimpinell
Scabiosa ochroleuca	Gulvädd
Thalictrum spp.	Ruta, flera sorter
Tricyrtis hirta	Skugglilja
Verbascum chaixii 'Album'	Franskt kungsljus
Verbena spp.	Verbena, flera sorter
Veronica longifolia 'Blauriesin'	Strandveronika
Veronica spicata	Axveronica
Veronicastrum virginicum 'Album'	Kransveronika

LÖKAR

Allium carinatum ssp. pulchellum	Dropplök
Allium sphaerocephalon	Klotlök
Allium flavum	Dagglök
Allium 'Purple Sensation'	Kirgislök
Anemone blanda 'White Splendours'	Vit balkansippa
Camassia chamach	Stjärnhyacint
Camassia leichtlinii 'Alba'	Vit stjärnhyacint
Crocus ancyrensis	Crocus
Crocus tommasinianus	Crocus
Galanthus elwesii	Turkisk snödroppe
Hyacinthoides hispanica	Spansk klockhyacint
Hyacinthoides hispanica 'Excelsior'	Spansk klockhyacint
Narcissus 'February Gold'	Cyklamennarciss
Narcissus 'Trena'	Cyklamennarciss
Tulipa maximowiczii	Smalbladig tulpan

Martorn, krypmalört och ulleternell

Franskt kungsljus

Verbena

Klotlök

Blodtopp

6.7.1 Etabering

Växtsubstrat till BGG-system kan ha lägre vattenhalt vid leverans än vanlig växtjord och regnar det sparsamt initialt så behöver substratet fyllas på genom bevattning för att kunna försörja vegetationen i etableringen. Vid plantering av vedartat växtmaterial under vintern är det viktigt att bevattning utförs tidigt på våren. Detta för att det ska finnas hög markfukt i substratet ett par veckor innan förväntad lövsprickning. Bevattningen måste utföras med sådana mängder och frekvenser att ytan utanför klumpen aldrig riskerar att torka ut i etableringsfasen.

Erfarenheten av växter i BGG-system visar att träd som planteras i dessa typer av substrat ska ha ett väl utvecklat rotsystem och vara förkultiverade i så kallade springring eller root control bags. Sen höstplantering bör undvikas i områden där det är risk för kalla vintrar.

Brunnar förser växtbädden med syre och vädrar ut skadliga gaser samtidigt som de leder vatten direkt ner till rötterna, utöver det som kommer in i systemet via styrningsbrunnar. I kombination med kloka växtval leder detta till mycket goda förutsättningar för friska och vackra planteringar. Inga växter kan dock utnyttja sina naturliga förmågor till fullo om de inte är väl etablerade på växtplatsen. Den första tiden efter plantering måste därför skötseln bidra med de resurser, främst vatten, som växterna ännu inte kan tillgodose sig.

När växterna väl etablerat sig bör dock en medvetenhet finnas om att de ofta trivs väldigt bra i BGG-system, med stor tillväxt som följd. När rotsystemet mår bra kan framför allt träd och buskar bli väldigt stora, vilket bör beaktas vid växtval för att undvika framtida skötselproblematik i form av beskärning. Var med andra ord aktsam på att inte välja för stora trädarter.

På nästa sida finns förslag på lämpligt växtmaterial till BGG-system i makadambaserade substrat och överbyggnader.

Växtsubstrat till BGG-system kan ha lägre vattenhalt vid leverans än vanlig växtjord och regnar det sparsamt initialt så behöver substratet fyllas på genom bevattning för att kunna försörja vegetationen i etableringen.

TRÄD

Acer x freemanii 'Autumn Blaze'	Freemanlönn
Acer negundo	Asklönn
Acer rubrum 'Red Sunset'	Rödlönn
Alnus cordata	Italiensk al
Alnus incana	Gråal
Celtis occidentalis	Amerikansk bäralm
Eleagnus angustifolia	Smalbladig silverbuske
Elaeagnus commutata	Silverbuske
Fraxinus angustifolia	Smalbladig ask
Ginkgo biloba	Ginkgo
Pinus heldrechii	Ormskinnstall
Pinus sylvestris	Tall
Platanus x hispanica	Platan
Prunus virginiana	Virginiahägg
Salix alba var. Chermesina	Vinterglöd
Salix caprea	Sälg
Sorbus frutescens FK ÅS E	Liten pärlrönn

BUSKAR

Aronia melanocarpa 'Hugin' E	Svartaronia Hugin E
Buddleja davidii NANHOE BLUE	Syrénbuddleja
Buddleja davidii NANHOE PURPLE	Syrénbuddleja
Callicarpa bodinieri var. giraldii	Glaspärlebuske
Cotinus cogyggria 'Grace'	Perukbuske
Diervilla lonicera	Getris
Hedera helix 'Arborescens'	Buskmurgröna
Hippophaë rhamnoides 'Hikul'	Dvärghavtorn
Lonicera caerulea var. kamtschatica ANJA E	Blåbärstry
Potentilla fruticosa 'Abbotswood' E	Vit ölandstok E
Potentilla fruticosa 'Pink Beauty'	Rosa Ölandstok
Potentilla fruticosa 'Sandved'	Vit ölandstok
Pyracantha coccinea 'Anatolia'	Turkiskt eldtorn
Rhus glabra 'Laciniata'	Korallsumak
Rhus typhina	Rönnsumak
Rosa glauca	Daggros

GRÄS

Ammophila arenaria	Sandrör
Calamagrostis acutiflora 'Overdam'	Tuvrör
Calamagrostis epigeios	Bergrör
Carex arenaria	Strandstarr
Carex pilosa 'Copenhagen Select'	Starr
Imperata cylindrica	Bomullsgräs
Juncus effusus	Veketåg
Molinia caerulea 'Edith Dudszus'	Blåtåtel
Panicum amarum	Vipphirs
Pennisetum spp.	Borstgräs, flera sorter
Phalaris arundinacea 'Picta'	Randgräs
Sesleria spp.	Äxing, flera sorter
Stipa gigantea	Storfjädergräs

Träd i genomsläpplig hårdgjord yta på äppet förstärkningslager. I förgrunden syns en regnbädd med perenner . Växjö

6.8 Utmaningar

I texten nedan jämför vi BGG-system med det traditionella sättet att bygga gaturum, dvs. ett gaturum där den blå, gröna och grå infrastrukturen inte samarbetar utan dagvattnet leds direkt till recipienten via brunnar och ledningar.

PROJEKTERING

BGG-system kräver mer av projektören då kunskap om både ens eget område och övriga teknikområden krävs. Dessutom är samarbete med övriga teknikområden nödvändigt för att säkerställa att volym (magasinskapacitet och växtbäddskapacitet) inte tas i anspråk av övriga teknikområden. Detta kan exempelvis gälla vid kringfyllnad för fundament till belysningsstolpar och vägmärkesstolpar, korsande ledningar mm.

Korsande ledningar som medför avbrott i det öppna förstärkningslagret skulle kunna medföra stora komplikationer i systemet, därav är samordning av ledningar av stor vikt. Detsamma gäller kringfyllnad för fundament om sektionen för BGG-systemet är smalt.

Projektering av BGG-system bör ske i 3D för att förebygga problem, men få beställare är beredda att ta extrakostnaden för detta. Befintliga program är utformade för traditionellt utförande vilket försvårar 3D projektering av BGG-system, i och med detta görs få projekteringar i 3D.

DRIFT

Erfarenheter av att drifta och underhålla BGG-system sträcker sig några år tillbaka. Som enskilda konstruktioner är dock erfarenheten mycket större och sträcker sig hela 5–30 år. Förutsättningar för vegetation i BGG-system är bättre än i traditionella vegetationsytor i torg, parkeringsområden och gatumiljö, vilket leder till en ökad tillväxt. Drift av vegetation i BGG-system liknar drift av övriga vegetationsytor.

I en del kommuner får driftspersonalen gå en kort utbildning innan de börjar sköta BGG-system vilket ger en större trygghet hos personalen och säkerställer systemens funktion. Drift av VA-komponenter (brunnar, ledningar & dagvattentunnlar) förväntas bli något större då det är fler komponenter än vad det är i ett konventionellt system. I gengäld uppnås en mycket större fördröjning och rening än i ett konventionellt system med bara brunnar och ledningar.

TID

Jämfört med traditionella gaturum och dagvattenledningssystem tar dessa system längre tid att både projektera och anlägga. Framför allt i befintlig bebyggelse kan anläggningen bli mer komplicerat än i nya exploateringsområden då det finns fler parametrar att förhålla sig till.

RENING

På grund av lite forskning kring reningsnivåerna av seriekopplade konstruktioner av detta slag är det svårt att veta exakt hur renat vattnet blir. Det finns en risk att fosforbelastning ökar under etableringsskedet innan mikroliv och vegetation har utvecklats, men på sikt ger det en fosforfälla. För att minska denna olägenhet är en åtgärd att anlägga en speciell fosforfälla i systemet eller nedströms innan dagvattnet når recipienten.

FRAMTIDA SCHAKT

Systemet kan resultera i större arbetsinsats vid behov av schaktning och återställning i framtiden. Framförallt om systemet har tätats med duk mot perkolation till grundvatten. För att säkerställa systemens funktion vid återbyggnad bör krav ställas på återställning enligt grävningsmanual inkl. fotodokumentation för att styrka att kritiska moment utförts korrekt.

SAMARBETE

BGG-system kräver både välfungerande samarbete och samverkan för att ett gott resultat ska uppnås. Detta gäller under hela projektets gång och innefattar allt från kommuner till VA-huvudmän och konsulter som projekterar. Avtal bör upprättas mellan förvaltningar, VA-huvudmän och exploatörer beroende av hur ansvaret ska fördelas. BGG-system är gränsöverskridande och innefattatar många teknikområden. Mellan konsulter bör därmed tydliga listor med gränsdragningar upprättas, så det blir tydligt vilket teknikområde som ansvarar för vad.

KUNSKAPSLÄGE

Då BGG-systemet skiljer sig från det konventionella sättet att arbeta finns det kunskapsbrister i konsult- och beställarledet. I och med detta kan det finnas behov av utbildning av alla inblandade i projekten både innan, under och efter projektet är avslutat.

En annan utmaning är att det inte alltid finns 100% svar på alla frågor och aspekter. En riskfaktor som uppmärksammats är igensättning av öppet förstärkningslager och regleringskomponenter om inte utformningen av systemet tar hänsyn till sedimentbelastningen.

VEGETATION

Kunskapsläget kring vilka växtarter som bör användas i BGG-systemen är bristfälligt, och behöver utredas vidare. Vid valet av växtart behöver det beaktas att nu ges vegetationen möjlighet att utvecklas till fullstora individer, dvs. träden kan bli 20 meter höga och breda. Val av trädarter som blir stora kan generera stora beskärningsarbeten mot framförallt fasader. Generellt klarar systemet och vegetationen dagvatten med vägsalt, men belastas systemet med höga halter bör salttåliga växter väljas.

En till utmaning är att önskade skyddsavstånd mellan VA komponenter och träd minskas i BGG-system. Styrningsbrunnar får ofta placeras nära träd då utrymmet mellan träd kan vara begränsat. Dessutom kan spridningsledningar (dräneringsledningar/ dagvattentunnlar) behöva placeras mer eller mindre under träd pga utrymmesbrist. Det har inte rapporterats några problem med att trädrötter går in i luftbrunnar men risk föreligger att det kan ske.

MATERIAL OCH KOMPONENTER

I dagsläget är utbudet på leverantörer av material och komponenter mindre än för konvensionella system. I och med detta kan det vara svårt att säkerställa att alla komponenter är klassade enligt projektets gällande certifiering. Även här ökar sannolikheten för ett ökat utbud när fler börjar använda sig av systemen.

LÅSER UTFORMNING

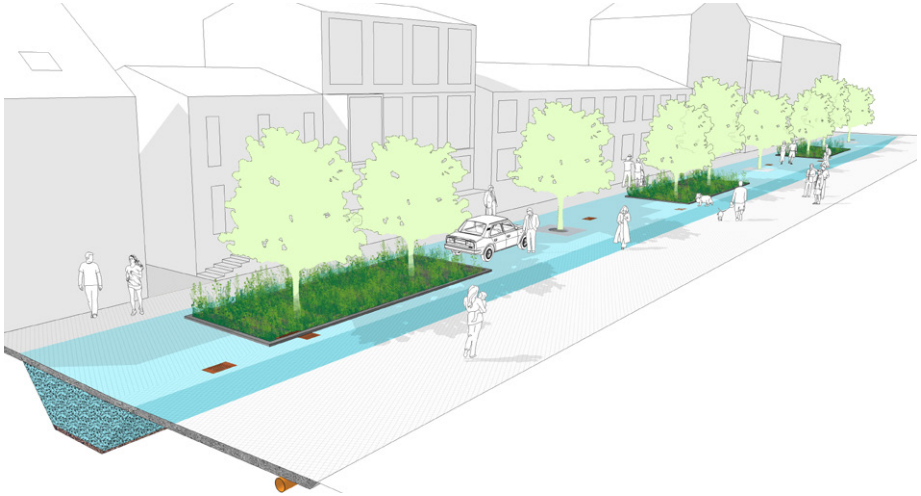
BGG-system kan utförs i flera etapper, i exempelvis exploateringsområden. Initialt i processen anläggs öppet förstärkningslager och brunnar, vilka sedan täcks med bärlager (obundet/bundet) under tiden byggnation sker på kvartersmark. Det redan anlagda systemet är svårt att flytta, men det är möjligt att nyanlägga ett system som sedan kopplas till det redan anlagda. För att slippa nyanläggning av system bör utformningen vara mer eller mindre låst och utredningar gjorda (t.ex trafikutredning gällande svängradier på dimensionerande fordon, säkerställa att det är tillräckligt många HKP mm.) när anläggning av BGG-system väl börjar. Det är däremot möjligt att skifta plats på olika konstruktioners placering i marknivå fram till de ska anläggas.

AMA

AMA är idag inte anpassad för BGG-system där flera infrastrukturer samsas om samma yta och volym. I och med att flera komponenter, material och arbetsmoment inte har givna standardkoder i AMA-Anläggning behöver projektören skapa flertalet nya koder. När fler börjar jobba med BGG-system ökar sannolikheten för att dessa tas med som standard i AMA.

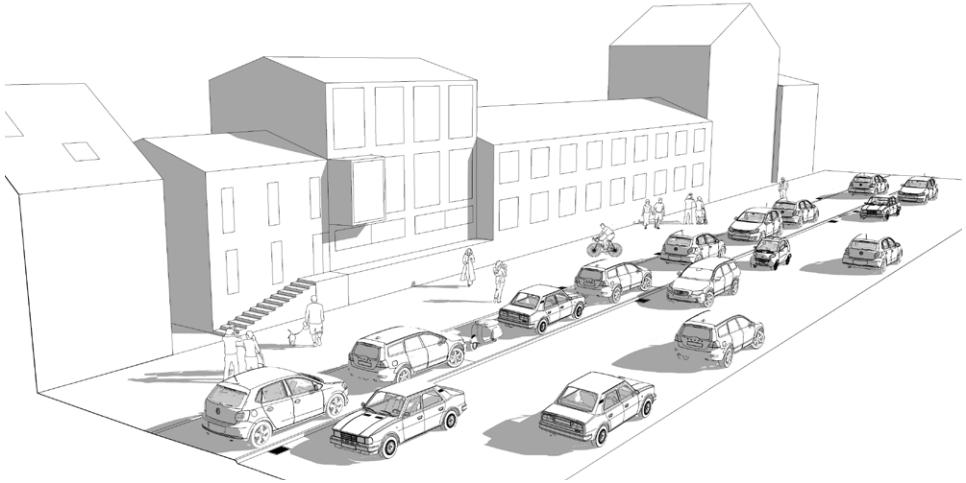
6.9 Effekter

GATURUM MED BGG-SYSTEM



Ett gaturum som sätter människan i centrum, där vegetationen ges plats, vilket skapar attraktiva och resilienta gaturum med behagligt mikroklimat. Avrinningen sker till BGG-systemen, vilka kan implementeras även om 95% av gaturummet består av hårdgjorda ytor. Gaturummet är dimensionerat för att klara trafikklass 2 och BK1.

GATURUM MED KONVENTIONELLT DAGVATTENSYSTEM



Ett gaturum som sätter bilen i centrum, utan nämnvärd vegetation. Där den blå, gröna och grå infrastrukturen inte samarbetar. Dagvattenhantering sker enligt traditionella metoder där dagvatten leds ner i brunnar och via ledningar vidare till recipienten. Gaturummet är dimensionerat för att klara trafikklass 2 och BK1.

GATURUM MED BGG-SYSTEM

GATURUM MED KONVENTIONELLT DAGVATTENSYSTEM

EFFEKT PÅ FLÖDE

Dagvattenflödet bromsas upp av vegetationsytor, men säkras även upp av flödesregulatorer i styrningsbrunnar. Detta resulterat i dagvattenflöden på 5-30 l/s ha inkluderat klimatfaktor 1.25.

Ingen inbromsning av vattenflödet. Flödet av dagvatten som gaturummet genererar är också det flöde som leds till dagvattenledningarna. Ett 10 årsregn (regn som pågår 10 minuter) kan resultera i flöden på 250 l/s ha.

EFFEKT PÅ FÖRDRÖJNING

Systemet dimensioneras för minst ett 30-årsregn. Systemen klarar av att fördröja 40-100 mm nederbörd i gaturummet inklusive förgårdsmark och 50 % av takytan från kringliggande fastigheter.

Ledningssystemet dimensioneras traditionellt för ett 2-10 årsregn där möjlighet till fördröjning saknas i gaturummet.

EFFEKT PÅ FÖRORENINGSBELASTNING

Regnbäddar har visat sig ge god reningseffekt. Studier av ett BGG-systems reningsnivå pågår. Med tanke på att BGG-system renar vattnet med hjälp av biokol, växtrötter, mikroliv och sedimentering förväntas det leverera ännu högre reningseffekt än en regnbädd.

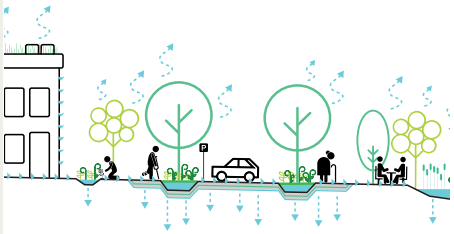
Ingen rening, dagvattnet leds orenat ut från området.

GATURUM MED BGG-SYSTEM

GATURUM MED KONVENTIONELLT DAGVATTENSYSTEM

EFFEKT PÅ GRUNDVATTENNIVÅER

Infiltration av dagvatten i BGG-systemen resulterar i ökad grundvattenbildning. Förutom att det förbättrar tillgången på vatten till vegetation minskar det risken för sättningar på grund av sänkt grundvattennivå, vilket annars kan resultera i sprickbildning av både fasader och konstruktioner.



Ingen tillförsel av nederbörd till grundvattnet och därmed sänkning av grundvattenytan vilket kan generera kostsamma skador på byggnader.

EFFEKT PÅ VÄXTBÄDDSVOLYM OCH VATTENTILLGÅNG

I BGG-system är växtbäddarna minst 15m³ per träd, och ofta ännu större. Takvatten kan ledas till växtbäddarna vilket förbättrar vattentillförseln även under torrare perioder. Systemet är anpassat för att i framtiden motta stadsvatten (drän- och gråvatten)

I traditionella växtbäddar är det inte ovanligt med växtbäddsvolymer på 1-2 m³. Avrinning till växtbäddar som kan bidra till vattenförsörjning saknas dessutom.

EFFEKT PÅ BIOLOGISK MÅNGFALD

Genom att integrera mer vegetation och fler växtarter i våra urbana miljöer förbättras möjligheterna för både mikroorganismer, växter och djur att överleva och sprida sig. Gröna korridorer mellan grönområden förbättrar förhållandena ytterligare.

Foto: Björn Embrém

Ingen eller liten effekt på den biologiska mångfalden.

GATURUM MED BGG-SYSTEM

GATURUM MED KONVENTIONELLT DAGVATTENSYSTEM

EFFEKT PÅ VÄXTBÄDD

Systemen består av makadambaserad växtsubstrat vilket har en enkelkornstruktur som varken faller sönder av belastning under byggskede eller vid tillrinning av vägsalt.
Detta skapar därmed förbättrade växtförhållanden med god infiltration och gasutbyte.

I traditionella växtbäddar används ofta växtjord med hög lerhalt (>5%). Denna jord resulterar i sämre förmåga att klara av byggprocessen, dessutom leder tillrinning av gatusalt till kollapsande jordstruktur. Detta resulterar i försämrade växtförhållanden i och med otillräckligt gasutbyte och vatteninfiltration.

EFFEKT PÅ VÄRME OCH ENERGI

Vegetation som skapar trädtak i gatumiljöer bidrar till temperaturer som sällan överstiger 25 grader genom både skuggning och evaporation. Sänkta utomhustemperaturer samt skuggning av fasader minskar också behovet av nerkylning inomhus vilket leder till sänkt energikonsumtion.

Gaturum utan vegetation kan i europeiska förhållanden komma upp i temperaturer närmare 50 grader.

EFFEKT PÅ GLOBALA MÅL

BGG-system kan ge positiva effekter på flera av de globala målen, t.ex hållbara städer och samhällen, bekämpa klimatförändringarna och ekosystem och biologisk mångfald.

Läs mer på:
https://www.globalamalen.se/

Ingen effekt på de globala målen.

7 Dimensionering

Dimensionering av BGG-system görs utifrån kraven på systemet och platsens förutsättningar. System anpassade för maximal fördröjning av dagvatten dimensioneras annorlunda än system anpassade för maximal rening. Likaså påverkar utformningen och valet av konstruktion i mark. Egenskaper som oftast beräknas är fördröjningsvolym, flödeshastigheter, tillgänglig växtbäddsvolym och reningsgrad.

7.1 Dimensionerande flöde

Det dimensionerande flödet är den mängd vatten per tidsenhet som når systemet vid ett dimensionerande regn. Det påverkas av både nederbördens intensitet och avrinningsområdets utformning. För att beräkna dimensionerande flöde behöver man också känna till återkomsttid och varaktighet hos det dimensionerande regnet. Kommunen och VA-bolaget kan ge riktlinjer för vilka värden som är lämpliga. Annars finns vägledning att finna i Svenskt Vattens publikation 110.

Det dimensionerande flödet används för att bestämma hur komponenter som inlopp, brunnsbeteckningar och erosionsskydd ska konstrueras samt vilken storlek på brunnar och ledningar som krävs. Flödet beräknas med formeln nedan, kallad rationella metoden.

Utifrån statistik har intensitets-varaktighetskurvor tagits fram för olika återkomsttider. Dessa visar den största intensitet av nederbörd per tidsenhet som förväntas inom en viss återkomsttid, som funktion av varaktigheten. Beroende på det dimensionerande regnets återkomsttid och varaktighet kan man alltså utläsa i en sådan kurva hur stor regnintensitet det ger upphov till. I Svenskt Vattens publikation 110 finns olika kurvor presenterade.

Avrinningsområdets storlek och hårdgöringsgrad påverkar hur stor mängd dagvatten som når BGG-systemet. I formeln nedan används därför en avrinningskoefficient som är ett mått på hur en yta inom avrinningsområdet bidrar till ytavrinningen. Koefficientens storlek varierar mellan noll och ett där ett högre värde motsvarar högre andel avrinning. I Svenskt Vattens publikation P110 finns en tabell med värden på avrinningskoefficienter för olika ytor.

Eftersom regnstatistik bygger på historiska data används en klimatfaktor för att ta hänsyn till förväntad ökning av nederbördsmängden på grund av klimatförändringar. SMHI har ofta riktlinjer för vilket värde som bör användas vid dimensionerande av dagvattenanläggning.

En beräkning bör även göras avseende flödestransport i det öppna förstärkningslagret. För beräkning av flödestransport se ***Fördröjning av dagvatten med dränerande markstensbeläggning***, Svensk Markbetong.

Rationella metoden

dimensionerande flöde [l/s] = regnintensitet [l/s ha] · avrinningsområdets area [ha] · avrinningskoefficient [-] · klimatfaktor [-]

7.2 Tömningshastighet

BGG-system är utvecklade för att klara att vatten under korta perioder fördröjs i överbyggnaden utan att konstruktionen tar skada om den belastas med trafik. Det uppnås delvis genom att utforma systemet så att det är tömt inom 24 timmar efter dimensionerande regn, med undantag för eventuell artificiell grundvattenzon (se avsnitt 6.2.5, sid. 38 och Figur 20, sid. 42). Tömningsflödet bestäms utifrån förhållandet mellan önskad tömningstid och fördröjningsvolym samt av eventuella krav på begränsad avtappning till ledningsnätet.

7.3 Fördröjningsvolym

Öppna förstärkningslager och fördröjningszoner på regnbäddar är exempel på magasin som kan fördröja dagvatten. Behovet av fördröjningsvolym i ett BGG-system kan översiktligt beräknas med regnenvelopmetoden. Denna metod tar fram den erforderlig fördröjningsvolym genom att beräkna den maximala skillnaden mellan vatten som flödar in och ut ur systemet. Volymen justeras för att ta hänsyn till både porositeten i det öppna förstärkningslagret och för terrassens lutning.

Nedan visas exempel på hur fördröjningsvolymer i BGG-system kan beräknas, både i ett magasin med öppet förstärkningslager och i en regnbädds fördröjningszon. För ytterligare information se Svenskt Vattens publikationer P104 och P110 samt skriften Regnenvelopmetoden (Sjöberg 1982).

7.3.1 Beräkningsexempel: magasin med öppet förstärkningslager

En enhet med öppet förstärkningslager är 25 m lång. Gatan den är anlagd i har en lutning som speglas i terrassen. När dagvatten fyller upp enheten kommer därför dess lägst liggande ände fyllas upp mer än dess högst liggande ände. I den lägst liggande änden får den vattenfyllda volymen en tvärsnittsarea på 3,7 m². I den högst liggande änden blir motsvarande tvärsnittsarea 2,3 m². Eftersom det är jämnt fall längs gatan kan man använda ett medelvärde för area i följande beräkningar. Medeltvärsnittsarean multipliceras med enhetens längd för att beräkna dess volym. Det öppna förstärkningslagret är fyllt med grov makadam t.ex 32/63 som har en porositet på 40%. Endast denna andel av volymen är alltså tillgänglig för vatten att fördröjas i.

$$\text{längd} \cdot \frac{\text{övre tvärsnittsarea} + \text{nedre tvärsnittsarea}}{2} \cdot \text{porositet} = \textbf{fördröjningsvolym}$$

▼

$$25\text{m} \cdot \frac{3{,}7\text{m}^2 + 2{,}3\text{m}^2}{2} \cdot 0{,}4 = \textbf{30m}^2$$

▼

Fördröjningsvolymen i den aktuella enheten med öppet förstärkningslager blir alltså **30 m³**.

7.3.2 Beräkningsexempel: fördröjningszon i regnbädd

En regnbädd är 6 m lång. Dess växtbäddsyta är svagt skålformad med en botten som är horisontell. Fördröjningszonen har en medeltvärsnittsarea på 0,45 m². För att beräkna fördröjningsvolymen multipliceras längden med medeltvärsnittsarean.

längd · tvärsnittsarea = **fördröjningsvolym**

6 m · 0,45 m² = **2,7 m³**

Fördröjningsvolymen i regnbäddens fördröjningszon blir alltså **2,7 m³**.

Från framräknad fördröjningsvolym ska en säkerhetsvolym och volym för sediment och rötter dras bort.

7.4 Växtbäddsvolym

Tillräcklig växtbäddsvolym saknas ofta i planteringar med träd och stora buskar i urban miljö. Ett träd behöver uppskattningsvis 10-30 m³ rottillgänglig volym beroende på storlek. Utan detta ges inte förutsättningar att växa normalt och utvecklas till ett friskt och vackert träd med höga resilienta värden. Bristande växtbäddsvolymer gör att trädet tvingas söka efter vatten och näring utanför växtbädden eller förbli underutvecklat och en potentiell risk för omgivningen.

7.4.1 Beräkningsexempel: växtbäddsvolym

I en plantering på öppet förstärkningslager växer tre träd. Planteringen ligger på ett stråk av öppet förstärkningslager som är 25 m lång. Trädens rötter har möjlighet att växa inom hela stråket. Den rottillgängliga volymen utgörs alltså både av växtsubstrat och öppet förstärkningslager. Medeltvärsnittsarea för dessa lager är 3,6 m². Totalt har träden alltså tillgång till en volym på:

längd · tvärsnittsarea = **växtbäddsvolym**

25 m · 3,6 m² = **90 m³**

Detta motsvarar en **växtbäddsvolym** på **30 m³** per träd inom BGG-systemet, volym som både är väl syresatt och har tillgång till vatten.

7.5 Reningsgrad

Den största dagvattenrenande effekten uppnås i regnbäddar. Där behandlas vattnet med filtrering, adsorption och upptag av växter och mikroorganismer. Regnbäddar bör ha en yta motsvarande 2–10% av avrinningsområdets yta för att ha tillräcklig kapacitet och samtidigt vara ekonomiskt försvarbara. Om de är anslutna till ett sammanhängande stråk av öppet förstärkningslager räcker det med 2–5% av avrinningsområdets yta. Då kan ytterligare rening ske i det öppna förstärkningslagret (se avsnitt 6.3.3) i det öppna förstärkningslagret.

Den uppnådda reningsgraden beror i stor utsträckning på vilka föroreningar det rör sig om och kommer sig av hur gaturummet är utformat och belastat. Fullständig dimensionering med avseende på rening faller utanför ramen för den här handboken. Istället rekommenderas simuleringsprogram som har information om typiska föroreningshalter och reningsförmågor eller Svenskt Vattens rapport Kunskapssammanställning dagvattenrening.

8 GIS för BGG-system

För att dokumentera var och hur BGG-system är anlagda använder många kommuner sig av GIS (geografiskt informationssystem) där systemets huvuddrag och detaljer ritas in. Att noggrant föra in nedanstående information om BGG-systemet i GIS underlättar vid drift och grävning eftersom även underjordiska delar av systemet illustreras.

8.1 Geografisk information

För att förklara systemet bör följande geografiska information föras in i GIS.

- Maximal utbredning av öppet förstärkningslager
- Bottenutbredning av avbrott eller ledningspassage
- Typ av växtbädd (regnbädd, vegetationsyta eller träd i hårdgjord yta)
- Position av brunnar
- Position av dagvattentunnlar
- Position av regnbäddars inlopp och sandfångskar
- Position av ledningar

Ovanstående information kompletteras med uppgifter om ingående material, produkter, inställningar och hänvisning till aktuella sektionsritningar. Det behöver även framgå var man hittar manualer för drift och underhåll och återställning efter grävning inom systemet.

9 Referenser

Litteratur

Avledning av dag-, drän- och spillvatten. Funktionskrav, hydraulisk dimensionering och utformning av allmänna avloppssystem. Svenskt Vatten AB. Publikation P110. ISSN 1651-4947, 2016

Blue-Green Fingerprints In the City of Malmö, Sweden, Peter Stahre. VA SYD, 2008

Fördröjning av dagvatten med dränerande markstensbeläggning, Erik Simonsen, Svensk Markbetong, 2020

Förebyggande av rotinträngningar i VA-ledningar- utveckling av beslutsstöd. Svenskt Vatten Utveckling . Rapport 2010-04, 2010

Kunskapssammanställning dagvattenrening, Svenskt Vatten Utveckling. Rapport 2016-05, 2016

Nederbördsdata vid dimensionering och analys av avloppssystem, Svenskt Vatten AB. Publikation P104. ISSN 1651-4947, 2011

Regnenveloppmetoden, Sjöberg, A. et al. Chalmers Tekniska Högskola, Meddelande 64, ISSN 0347-8165, 1982

Trädrötter och ledningar - goda exempel på lösningar och samverkansformer, Svenskt Vatten . VA-Forskningsrapport nr 31, 2003

Elektroniska källor

EU Water Framework Directive, http://www.svensktvatten.se/globalassets/organisation-och-juridik/eu-information-om-vattenforvaltning.pdf

Klimatsäkrade systemlösningar för urbana ytor- Ett Vinnova-projekt, http://klimatsakradstad.se/

Kostnadsjämförelse, https://bluegreengrey.edges.se/

Nacka kommuns Tekniska handbok, https://www.nacka.se/underwebbar/teknisk-handbok/

Regnbäddar, Movium Fakta 2015, http://www.movium.slu.se/system/files/news/11238/files/movium_fakta_2-2015_rangbaddarslutlig.pdf

Vattenkloka städer, https://iwa-network.org/wp-content/uploads/2017/05/IWA_Brochure_Water_Wise_Communities_SW_screen.pdf

Växtbäddar och avvattningslösningar för sportgräsytor, Kent Fridell, https://bluegreengrey.edges.se/article/root-zones-and-drainage-solutions-for-sports-lawns/

Växtbäddar i Stockholms stad – en handbok 2017, https://leverantor.stockholm/entreprenad-i-stockholms-offentliga-rum/vaxtbaddshandboken/