

Kostnadsberäkningar av exempellösningar för dagvatten

Stockholms stad



RAPPORT nr 2016-0915-A

Författare: Jonas Andersson och Sofia Åkerman, WRS AB

2016-04-11

Innehåll

Sammanfattning	2
1 Bakgrund	4
1.1 Syfte.....	4
1.2 Förutsättningar	4
1.3 Genomförande	5
2 Anläggningstyper	5
2.1 Extensiva gröna tak	5
2.2 Träd i skelettjord	6
2.3 Nedsänkta växtbäddar	10
2.4 Genomsläpplig beläggning	11
2.5 Infiltrationsstråk.....	12
3 Exempel dagvattenhantering på kvartersmark	13
3.1 Kvartersmark "Extra tät stadsenklav 3a"	13
3.2 Kvartersmark "Punkthus 4b"	14
3.3 Kostnadsjämförelser för kvartersmark.....	16
4 Exempel dagvattenhantering på gata.....	16
4.1 Gatusektion bred	17
4.2 Gatusektion lokalgata.....	19
4.3 Summerad kostnad och ytbehov för gator	20
5 Exempel dagvattenhantering i park (allmän platsmark).....	21
6 Slutsatser och diskussion	23
7 Referenser	24
7.1 Skriftliga	24
7.2 Muntliga kontakter.....	24
8 Bilagor.....	25

Sammanfattning

Inom ramen för fördjupningsarbetet med dagvattenstrategin för Stockholm, den så kallade dagvattenvägledningen, pågår arbete för att utveckla ett mått, en åtgärdsnivå, för långsiktigt hållbar dagvattenhantering i staden. Det tidigare arbetet har utmynnat i ett förslag till mått, vilket uttrycks som att 20 mm nederbörd ska kunna fördröjas och det dagvatten som uppstår renas lokalt innan det leds vidare till recipienten. Måttet baseras på beräkningar av hur stor andel av årsnederbörden som inryms i dagvattenanläggningar som fångar och magasinerar en viss mängd nederbörd och hur långtgående rening som krävs för att klara miljökvalitetsnormerna för ytvatten i Stockholm.

Syftet med denna rapport är att visa exempel på vad det kostar att bygga och sköta dagvattenlösningar som hanterar dagvatten från 20 mm nederbörd, samt att illustrera vilket utrymme dessa tar i stadsmiljön. Kostnadsanalysen baseras på nybyggnation eller omfattande ombyggnation.

Anläggnings- och skötselkostnader samt ytbehov har tagits fram för fem olika typer av dagvattenlösningar:

- Extensiva gröna tak
- Träd i skelettjord
- Nedsänkta växtbäddar
- Genomsläpplig beläggning
- Infiltrationsstråk

Beräkningar har gjorts dels för kvartersmark och dels för gatumark. Kostnaderna för anläggningar som hanterar 20 mm nederbörd har jämförts med ett ”nollscenario” som innebär att inga uttalade dagvattenåtgärder vidtas för att fördröja eller rena dagvatten lokalt. Det finns ett specifikt nollscenario för varje exempelberäkning.

Två kvartersmarksexempel beskrivs; ett kvarter med lamellhus med gröna tak och träd i skelettjord på innergård samt ett kvarter med punkthus med vanliga tak, där dagvatten från taken hanteras i växtbäddar och innergårdens vatten hanteras i en genomsläpplig beläggning. Nollscenariot för det första kvartersmarksexemplet är vanliga tak och träd utan skelettjord på innergården. För det andra exemplet är nollscenariot vanliga tak, vanliga rabatter och betongplattor på gården.

För gatumark görs beräkningar för huvudgata respektive lokalgata. De gatusektioner som använts är sådana som föreslagits vara lämpliga i staden. De kommer från Gata Stockholm (remissutgåva) som är under framtagande av trafikkontoret i samarbete med exploateringskontoret och stadsbyggnadskontoret. För var och en av de två gatutyperna har beräkningar gjorts för en gatusektion med träd respektive utan. För gatusektioner med träd i skelettjord (vilket är den trädanläggningsprincip som används i staden) så klarar skelettjordarna att ta emot och utjämna mer än 20 mm nederbörd. För dessa exempel blir det således ingen merkostnad att hantera dagvattnet. För gator utan träd så har beräkningar gjorts av vad det kostar att anlägga nedsänkta växtbäddar för att hantera dagvatten från 20 mm nederbörd, samt hur många möjliga parkeringsplatser som tas i anspråk av växtbäddarna.

Kostnadsberäkningarna visar att merkostnaden för att anlägga de aktuella dagvattenåtgärderna varierar från noll (träd i skelettjord i gata) till drygt 200 kr per kvadratmeter urban mark. Kostnaden på både kvartersmark och i gata beror på vilken teknik och vilka material som används. Med gröna tak och träd i skelettjord på gårdsmark minskar t.ex. kostnaden jämfört med nollscenariot, medan den ökar när upphöjda växtbäddar och en dyrare genomsläpplig gårdsbeläggning används.

För gatumarken beräknas växtbäddar som hanterar 20 mm kosta ca 70 kr per kvadratmeter gata, medan träd i skelettjord som hanterar motsvarande volym kostar drygt 200 kr per kvadratmeter gata (faktisk kostnad för staden men som ekonomiskt inte belastar eller hänförs till dagvattenhanteringen). Det ska dock tilläggas att detta kan variera med platsens förutsättningar och bli dyrare då utrymme i gatan saknas.

Merkostnaden för att anlägga lokala dagvattenanläggningar på kvartersmark har i rapporten ställts i relation till produktionskostnaden för bostäder i staden. Produktionskostnaden var enligt SCB 42 675 kr per kvadratmeter lägenhetsarea i storstadsregionerna år 2014. Kostnaden för att anlägga lokala dagvattenanläggningar motsvarar i de exempel som beräknats från -23 kr per kvadratmeter till +110 kr per kvadratmeter lägenhetsarea. Kostnaden utgör alltså en mycket liten andel av produktionskostnaden.

Beräkningar har också gjorts för skötsel och driftkostnader och i de flesta fall innebär de lokala dagvattenanläggningarna inte någon större merkostnad. Detta gäller om det anläggs en ”grön dagvattenanläggning” där det redan planerats växtlighet och om man utgår från att hårdgjorda ytor redan idag renhålls med regelbundenhet. Skillnaden i dessa fall är att ett minskat underhåll ger konsekvenser för den tekniska dagvattenanläggningen. Däremot i de fall nya anläggningar tillkommer innebär det en ökad skötsel- och driftkostnad.

Ytliga lokala dagvattenanläggningar tar mark i anspråk. Beräkningar har därför gjorts för hur många parkeringsplatser som förloras när t.ex. växtbäddar placeras i gaturummet. För en 100 m lång lokalgata upptar växtbäddarna 3 av 16 tillgängliga parkeringsplatser på varje sida. Även idag tillåts planteringsytor att ta plats i gaturummet. Med anpassad utformning kan dessa till större del användas för att utjämna, rena och nyttiggöra dagvatten.

Efterfrågan på produkter och system för lokal hantering av dagvatten har ökat kraftigt de senaste åren. Det har lett till teknikutveckling och ökat utbud av produkter. Det kommer sannolikt att leda till att kostnaden för lokala dagvattensystem successivt minskar.

1 Bakgrund

Inom ramen för fördjupningsarbetet med dagvattenstrategin för Stockholm, den så kallade dagvattenvägledningen, pågår arbete för att utveckla ett mått/en åtgärdsnivå för långsiktigt hållbar dagvattenhantering i staden. Det tidigare arbetet har utmynnat i ett förslag till mått, vilket uttrycks som att 20 mm nederbörd ska kunna fördröjas och det dagvatten som uppstår renas lokalt innan det leds vidare till recipienten.

Ursprunget till måttet är beräkningar av hur stor andel av årsnederbörden som inryms i dagvattenanläggningar som fångar och magasinerar en viss mängd nederbörd och hur långtgående rening som krävs för att klara miljö kvalitetsnormerna för ytvatten i Stockholm.

Stockholms stad och Stockholm Vatten har gett i uppdrag åt WRS att ta fram kostnadsberäkningar för anläggande och skötsel av några olika typer av dagvattenlösningar som hanterar 20 mm, samt att illustrera vilket utrymme dessa tar i stadsmiljön.

1.1 Syfte

Syftet med uppdraget är att:

- Göra kostnadsberäkningar för ett urval dagvattenlösningar på kvartersmark respektive på allmän platsmark (gata och park).
- Kostnadsberäkningarna ska omfatta såväl anläggning som drift.
- Kostnadsanalysen ska basera sig på nybyggnation eller omfattande ombyggnation.
- Illustrerar på karta vilken plats anläggningarna tar i stadsmiljön.

1.2 Förutsättningar

Dagvattenanläggningarna ska kunna omhänderta 20 mm regn vilket motsvarar 20 l/m².

För hårda tak (plåttak) har avrinningskoefficienten 1,0 använts och för hårdgjorda ytor som vägar och gårdar har avrinningskoefficienten satts till 0,9. Gröna tak och planteringar har dimensionerats för att fördröja hela den volym som uppstår vid 20 mm nederbörd.

Kostnaderna ska omfatta nybyggnationer. De typkvarteren som har använts motsvarar ”extra tät stadsenklav 3a” och ”punkthus 4b” i ”Dagvattenhantering, Riktlinjer för kvartersmark i tät stadsbebyggelse”. Det första exemplet omfattar ett kvarter med två parallella lamellhus med mellanliggande gård och det andra två punkthus med mellanliggande gård. Båda exemplen är hämtade från pågående planarbeten i Stockholm (Hagastaden och Stadshagen).

För att jämföra kostnaden har prisuppgifter för ”vanliga anläggningar” även tagits fram så som plåttak, plantering/rabatter och trädplantering i en enklare växtbädd.

I beräkningarna har antagits att ledningskostnaden blir densamma oavsett konventionellt system eller då en lokal dagvattenanläggning avlastar systemet. Fortfarande krävs ledningssystem för att hantera drän- och bräddvatten vid lokal dagvattenhantering och teoretiskt bör flödesutjämnande åtgärder leda till lägre

dimensionerande flöden, men en något minskad ledningsdimension bedöms vara en marginell besparing i den områdesskala som beräkningen omfattar.

1.3 Genomförande

För att få fram uppgifter på kostnader för olika anläggningar har kontakter med tjänstemän på Stockholms stad och andra kommuner, konsulter, entreprenörer och leverantörer tagits per telefon och e-post, se referenslista i avsnitt 7.

För att illustrera behovet av åtgärder och vilken yta som anläggningarna tar i anspråk i stadsmiljön så har ett utsnitt ur en "schematisk" stadsdel gjorts. Den schematiska stadsdelen är en kombination av stadsstrukturen som planeras i Hagastaden (extra tät stadsenklav), med gator, kvarter och park, samt planerade punkthusområde från Stadshagen. De kvarter som illustreras är av typerna 3a respektive 4b enligt ovan.

Kartillustrationen återfinns i bilaga 1. Där presenteras två olika scenarier. Det första (1a) visar gator med träd i skelettjord med en täthet enligt "Gata Stockholm", där allt dagvattnen från gatemark leds till skelettjordarna. Det andra (1b) visar vilket utrymme träd i skelettjord, växtbäddar och andra anläggningar behöver ta i anspråk för att klara att hantera 20 mm dagvatten.

2 Anläggningstyper

I detta kapitel beskrivs de olika anläggningstyperna och kostnader för att anlägga och sköta dessa. Mer detaljer kring beräkningar och bakgrundsinformation finns i bilaga 4.

2.1 Extensiva gröna tak

Beskrivning

Gröna tak är som byggnadsteknisk definition ett samlingsnamn för gräs- och sedumtak, tak med levande växtlighet som takbeläggning. Den vanligaste typen är tunna sedumtak (ca 3-6 cm tjocka). Så kallade extensiva gröna tak är tjockare, ca 8-15 cm, och har en vegetation som består av sedum, örter och mossor. Taket kräver endast en begränsad skötsel (därav namnet extensiva). Den större mäktigheten gör att taken kan magasinera mer nederbörd (minst 20 mm). Taken är låglutande (0-5°) eller platta.

Det gröna taket anläggs ovanpå det täta skiktet på taket, vilket finns där oavsett vilket ytskikt som anläggs på taket. Det krävs normalt inget extra tätskikt vid anläggning av gröna tak. Vid tjocka gröna tak kan ibland en något kraftigare takkonstruktion behövas, men merkostnaden för detta bedöms som marginell för den typ av höga bostadshus som det här är frågan om.

Anläggningskostnad

Kostnaden för material och anläggning av ett extensivt grönt tak varierar mellan 530-820 kr/m². Den lägre kostnaden är för platsodlat tak och den högre för ett naturtak med pluggplantor med örter. Ett platsodlat tak kan kräva vattning vid etableringen beroende på när det etableras på året och hur mycket regn som faller under perioden. Se vidare bilaga 4 för mer detaljer kring beräkning av kostnader.

På flerfamiljsfastigheter i städer är det vanligt att anlägga tak som är gjort av falsad bandplåt. Det kostar mellan 600 och 1200 kr/m² för material och anläggning. Betongpannor är betydligt billigare än plåttak och kostar cirka 300 kr/m² för material

och anläggning. Vid kostnadsjämförelsen har plåttak används, då det är det material som oftast används i innerstaden.

För kostnadsberäkningar nedan har värden i det övre spannet använts generellt för att inte underskatta den faktiska kostnaden. För gröna tak har 700 kr/m² använts och för plåttak 900 kr/m².

Skötselkostnad

I samband med anläggning behöver gröna tak extra tillsyn och skötsel för att kontrollera att de etablerar sig på ett bra sätt. Efter etableringsperioden kontrolleras taket minst två gånger per år, en gång på hösten före vintern och en gång på våren för att se om taken blivit skadat. Detta behov finns för såväl gröna som vanliga tak. De gröna taken innebär i detta perspektiv ingen merkostnad.

2.2 Träd i skelettjord

Beskrivning

Träd, som planteras i statsmiljö, har ofta för lite utrymme för att utvecklas tillfredställande. Med så kallad skelettjord (makadam 100-150 mm) under den ”normala” planteringsytan skapar man en extra tillväxtzon för rotsystemen. Skelettjorden kan komprimeras för tillfredställande bärighet samtidigt som den innehåller volym för luft och vatten. I Stockholm är skelettjord den teknik som används när man etablerar träd i gatumiljön. Den porösa skelettjorden fungerar som ett magasin för dagvatten och skelettjorden för varje träd rymmer upp till 5 m³ vatten (skelettjordsvolymen är 15 m³).



Figur 1. Exempel på skelettjord i befintlig miljö i Stockholm. Foto Björn Embrén Trafikkontoret.

Anläggningskostnad

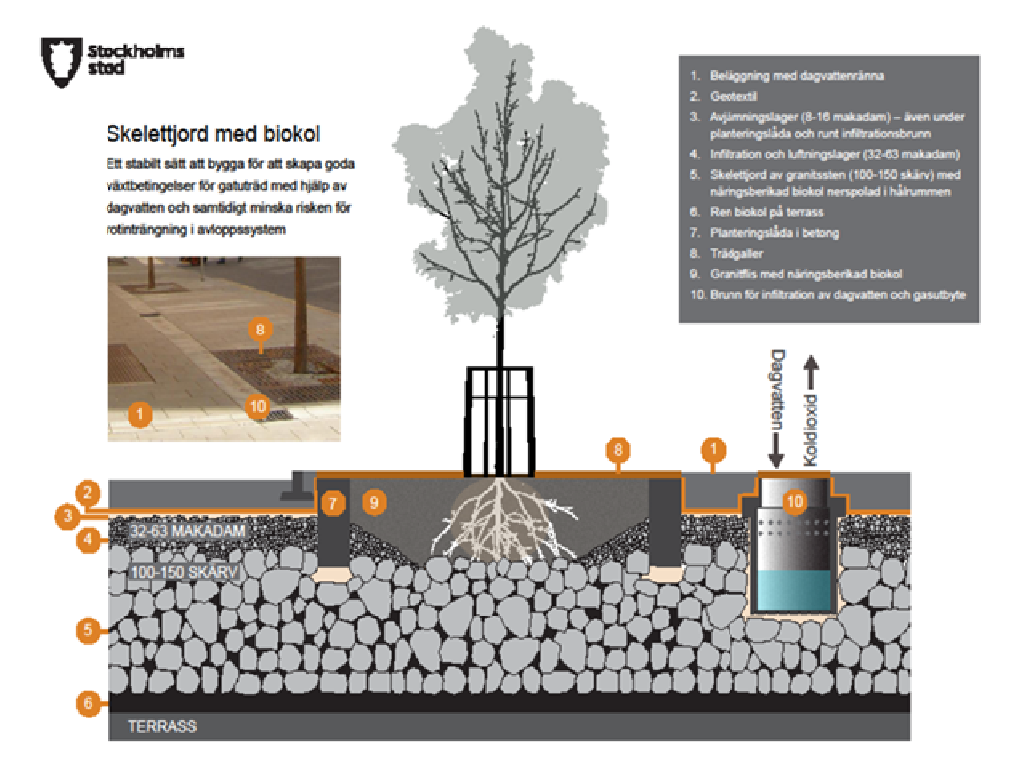
Att anlägga ett träd med skelettjord i samband med en nybyggnation, eller när marken ska grävas upp även för ett annat syfte, kostar cirka 60 000 kronor per träd inklusive material, trädet och anläggningen av trädet (exklusive schakt, vilket ingår i övrig markentreprenad). Om anläggandet av skelettjorden och trädet sker i befintlig stadsmiljö är kostnaden cirka 120 000 kronor per träd. I befintlig miljö i Stockholm är det vanligt med ledningar i mark och då kan kostnaden uppgå till 350 000 kr per träd. Ibland är det inte möjligt att anlägga träd, varje plats är unik. En plantering av ett träd på traditionellt sätt utan skelettjord kostar cirka 25 000 kronor.

Skötselkostnad

Skötsel som behövs vid träd med skelettjord är rensning av dagvattenbrunnar en gång per år. Trafikkontoret i Stockholm som ansvarar för dagvattenbrunnarna rensar dem generellt årligen eller oftare om det behövs. Det behövs ingen ytterligare gödsling eller bevattningen av träden efter etableringsskedet, då träden får sin näring från dagvattnet, vittring o.s.v.

Utvecklingsprojekt

Trafikkontoret utvecklar kontinuerligt anläggningstekniken för träden. Försök pågår med att använda biokol (förkolad biomassa framställd genom pyrolys, t.ex. träkol). Biokolet har flera positiva egenskaper för träden och har en viss renande effekt på dagvattnet. I Figur 2 visas en principskiss för skelettjord med biokol och Figur 3 en skelettjord med biokol.



Figur 2. Skelettjord med biokol. Illustration från Trafikkontoret.



Figur 3. Exempel på försök med skelettjord med biokol i Stockholm. Foto Björn Embrén Trafikkontoret.

För att kunna ta vara på dagvattnet till träden, så är det viktigt att hitta driftsanpassade lösningar på stadens gator och där pågår ett kontinuerligt arbete på Trafikkontoret där några exempel på lösningar som provats eller är intressanta visas i Figur 4-7.



Figur 4. Exempel på försök på brunnslösning för infiltration. Trädplacering visas med stakkäppar i bilden. Foto Björn Embren Trafikkontoret.



Figur 5. Exempel på intressant utformning i Lyon, funktion utvärderas utifrån förutsättningar i Stockholm. Foto Björn Embrén Trafikkontoret.



Figur 6. Exempel på försök med enklare lösning där vattnet leds direkt in i en öppen växtbädd med buskar och träd. Foto Björn Embrén Trafikkontoret.

Trafikkontorets arbete med dagvattnet syns också i Figur 7, där infiltration sker både av vattnet från gata och gångbana.



Figur 7. Västerled, ny bädd för trädplantering med infiltration från både gata och gångbana. Träden planteras senare. Foto Björn Embrén Trafikkontoret.

2.3 Nedsänkta växtbäddar

Beskrivning

Nedsänkta växtbäddar (kallas också regnbäddar eller biobäddar) är planteringsytor dit dagvatten leds, antingen genom ytavrinning eller via brunnar och ledningar. Med begreppet nedsänkt avses i detta sammanhang att växtbädden ligger nedsänkt under anläggningens kant. Nedsänkningen skapar en utjämningsvolym. Reningen uppstår när dagvattnet sedan infiltrerar genom växtbädden. I botten av växtbädden finns normalt ett lager makadam och en dränering som ansluter till dagvattenledningsnätet.

Växtbäddarna kan vara upphöjda över eller nedsänkta under marknivån, se exempel på upphöjd i Figur 8. Till växtbädden avleds dagvatten från omkringliggande tak eller markytor. En växtbädd som ska omhänderta 20 mm nederbörd bör motsvara cirka 5 % av ytan varifrån den ska omhänderta dagvattnet.



Figur 8. Exempel på en så kallad nedsänkt växtbädd. Nedsänkningen under kanten skapar en utjämningsvolym. I detta fall är anläggningen utförd som en konstruktion som ligger över marknivå. Illustration Kent Fridell och Kristian Klasson, Tengbomgruppen AB.

Anläggningskostnad

En växtbädd som är nedsänkt under marknivå kostar ca 3500 kr/m³ magasinvolym vatten att anlägga. Det ger en ytkostnad på ca 1400 kr/m² om den magasinerar 40 cm vatten.

En växtbädd i en konstruktion som den i Figur 8, kostar mellan 6000 och 10 000 kr per m³ magasinvolym dagvatten vilket ger 2400-4000 kr per m² om den magasinerar 40 cm vatten. Kostnaden har här satts till 3200 kr/m².

Som jämförelse så kostar en plantering med enklare busk- eller örtvegetation från 1000 kr/m². Kostnaden har här satts till 1500 kr/m².

Se vidare bilaga 4 för mer detaljer kring beräkning av kostnader.

Skötselkostnad

Kostnaden för skötsel av en nedsänkt växtbädd bedöms vara jämförbar med kostnaden för att sköta en robust perennplantering. Den årliga kostnaden för att sköta en perennplantering i Stockholm ligger på 12-35 kr/m². Kostnaden har här satts till 25 kr/m² och år.

2.4 Genomsläpplig beläggning

Beskrivning

Olika typer av vattengenomsläpplig beläggning kan användas som alternativ till vanlig asfalt eller plattor. Några exempel är grus, beläggning med hålsten, beläggningar med genomsläppliga fogar och genomsläpplig asfalt. Utjämnningen kan ske både i den genomsläppliga beläggningen (t.ex. hålsten) och i ett uppbyggt magasin under ytan. Med en beläggning som i sig inte kan utjämna regnvolymer måste utjämnningen ske i underliggande lager. Det innebär att förstärkningslager och bärlager måste ha en god infiltrationskapacitet och porositet. För att kunna magasinera 20 mm nederbörd under

en genomsläpplig beläggning behövs ett ca 7 cm tjockt makadamlager (30 % porositet).

Anläggningskostnad

En genomsläpplig beläggning, i form av exempelvis Hansa gräsarmering, beräknas kosta 850 kr/m² för plattor, sättgrus och bärlager samt anläggning. För vanliga betongplattor är motsvarande kostnad ca 500 kr/m². Dessa kostnader har använts i beräkningarna nedan.

Skötselkostnad

Genomsläppliga beläggningar kommer gradvis att sätta igen med finsediment (som avsätts via dagvatten). För att bibehålla infiltrationskapaciteten behöver fogar hållas rena genom spolning eller sopning och vid igensättning ersätts med nytt material. För genomsläpplig asfalt rekommenderas vakuumsugning. Permeabel asfalt fungerar mycket bra om man underhåller den regelbundet (1-2 vakuumsugningar/år).

2.5 Infiltrationsstråk

Beskrivning

Ett infiltrationsstråk är ett dike med svagt sluttande slänter, som är konstruerat för att infiltrera det vatten som når diket, ofta ner till en underliggande dräneringsledning som ansluter till dagvattennätet. I den övre, gräs- eller vegetationsbeklädda ytan fastnar eller bryts föroreningarna ner och näringsämnen tas upp av växter. Det breda tvärsnittet gör att diket får en stor magasinvolym för vatten.

Anläggningskostnad

Kostnaden för att anlägga ett infiltrationsstråk beror till mycket stor del på de naturgivna förutsättningarna. I detta exempel anläggs stråket i samband med parkanläggandet och som en integrerad del av detta och innebär inte någon merkostnad.

Skötselkostnad

Ett infiltrationsstråk med flacka slänter där normalskötseln endast är gräsklippning innebär inget merarbete jämfört med motsvarande torr gräsmatta. Om det tar tid för ytan att dräneras så att den blir körbara, kan det innebära en merkostnad om man inte kan klippa ytan samtidigt som man klipper angränsande ytor, utan måste återkomma senare. Efter ett översvämningstillfälle så ansamlas skräp i ”strandlinjen”, vilket behöver krattas/spolas bort om ytan används som rekreationsområde.

Skötselkostnaden har, med hänsyn till det som nämns ovan, här bedömts vara 1,5 ggr den av en vanlig gräsyta. Den årliga kostnaden för skötsel av bruksgräs i Stockholm ligger på ca 2 kr/m², vilket ger en kostnad på 3 kr/m² för infiltrationsstråket. Enligt uppgift från Norrmalms stadsdelsförvaltning så är kostnaden för renhållning av parkmiljöer i innerstaden generellt hög och renhållningskostnaden för ett infiltrationsdike bedöms vara försumbar i sammanhanget.

3 Exempel dagvattenhantering på kvartersmark

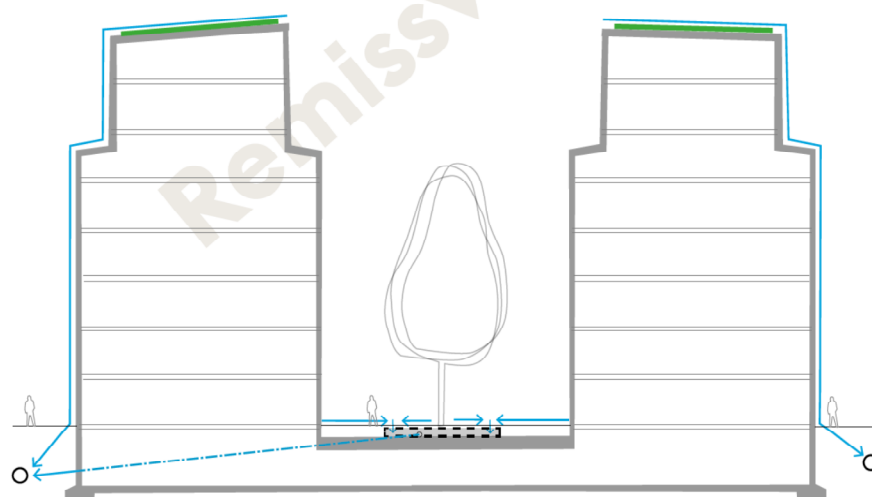
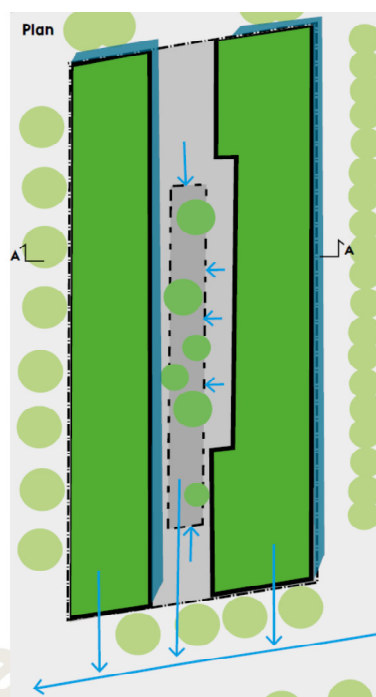
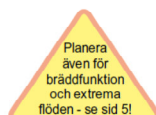
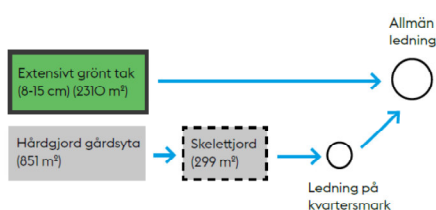
3.1 Kvartersmark "Extra tät stadsenklav 3a"

Detta kvarter är av typen extra tät stadsbebyggelse (motsvarande den planerade Hagastaden) och består av två parallella lamellhus med en mindre gård innanför. På taken anläggs extensiva gröna tak (total takyta 2300 m²). Dagvatten från gården (1050 m²) hanteras i skelettjord i gårdsmarken. Kvarterets dagvattenhantering illustreras och beskrivs i Figur 9 samt i bilaga 2.

Extra tät stadsenklav 3a

Systembeskrivning

- Extensiva gröna tak avvattnas till ledning.
- Hårdgjord gårdsyta avvattnas via luftningsbrunn till vanlig skelettjord med nedvattnad växtjord under del av gårdsytan.
- Gröna tak och skelettjord klarar att magasinera 20 mm nederbörd från tak- och gårdsytor (inklusive yta ovan skelettjord).



Sektion A-A. Hårdgjord gårdsyta avleds till skelettjord under del av gårdsyta. Extensiva gröna tak avleds direkt till allmän ledning.

Figur 9. Kvarter av typen "extra tät stadsenklav".

Anläggningskostnad

I Tabell 1 nedan anges anläggningskostnaden för dagvattenanläggningarna för kvarteret. Det system som beskrivs i Figur 9 (extensiva gröna tak och skelettjord) jämförs med ett kvarter utan lokalt omhändertagande av dagvatten, med plåttak och trädplantering i en enklare växtbädd.

Detaljer kring beräkningarna av kostnaderna samt bakgrund till uppgifterna nedan finns i bilaga 4.

**Tabell 1. Kostnad för exempel "Extra tät stadsenklav 3 a".
Dagvattenutformning avser extensivt grönt tak och träd i skelettjord,
ordinarie utformning plåttak och träd i enklare växtbädd.**

	Yta	Antal	Dagvatten utf.		Ord. utformning		Merkostnad dagv. utformning
	<i>m²</i>	<i>st</i>	<i>kkkr</i>		<i>kkkr</i>		<i>kkkr</i>
Tak	2 300		700 kr/m ²	1 610	900 kr/m ²	2 070	-460
Skelettjord	100	4	60 000 kr/st	240	25 000 kr/st	100	+140
Hårdgjord yta*	1 050						
Summa per kvarter	3 450			1 850		2 170	-320
Summa per m ²				<i>kr</i> 536		<i>kr</i> 629	<i>kr/m²</i> -93

*¹) Dagvatten från denna yta hanteras i skelettjord.

Beräkningen visar att det är billigare att anlägga gröna tak än plåttak, medan kostnaden är något högre för skelettjord än en enklare växtbädd för trädet. Summan för kvarteret blir ca 320 000 kr lägre med lokala dagvattenlösningar. Per kvadratmeter blir kostnaden för detta exempel knappt 100 kronor lägre med lokala dagvattenlösningar.

3.2 Kvartersmark "Punkthus 4b"

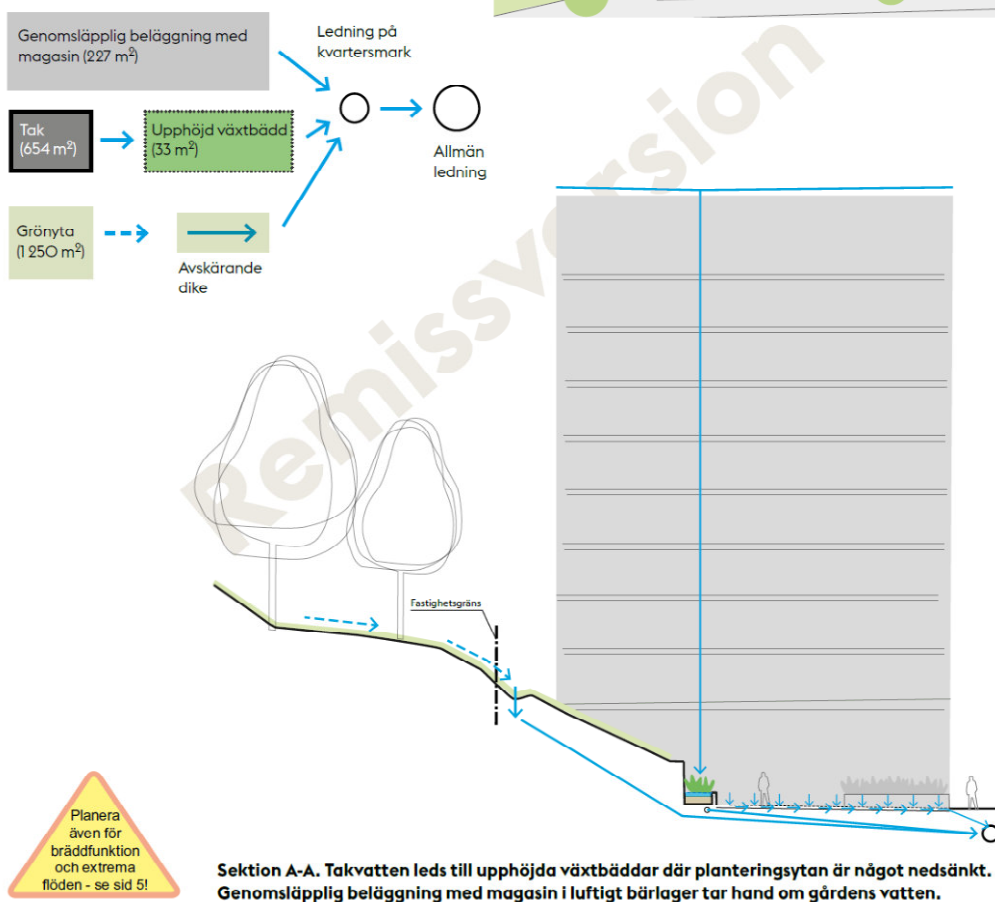
Detta kvarter består av två punkthus med en total takyta på 650 m². Mellan husen finns en gård med en yta på 260 m² på vilken det planeras upphöjda växtbäddar för att omhänderta dagvatten från takytorna. Beläggningen på gården är av genomsläppligt material med möjlighet att magasinera 20 mm vatten. Kvarterets dagvattenhantering illustreras och beskrivs i Figur 10 samt i bilaga 3.

Punkthus 4b

Systembeskrivning

I detta exempel är gårdsytan minimal. Fastighetsgränsen ligger nära fasadliv.

- Tak avrinner till upphöjda växtbäddar där planteringsytan är något nedsänkt.
- Växtbädden ligger innanför fastighetsgräns.
- Gården har en beläggning med genomsläppliga fogar på luftigt bärlager, för fördröjning och rening.
- Växtbäddar och luftigt bärlager under gårdsytan klarar att magasinera 20 mm nederbörd.
- Grönytan lutar in mot den bebyggda ytan, och avleds runt fastighet.



Figur 10. Kvarter av typen "punkthus".

Anläggningskostnad

Detaljer kring beräkningarna av kostnaderna samt bakgrund till uppgifterna nedan finns i bilaga 4.

Tabell 2 nedan anges kostnaden för dagvattenanläggningarna för kvarteret. Det system som beskrivs i Figur 10 (växtbäddar i upphöjda konstruktioner för dagvatten från taken och genomsläpplig beläggning för gårdsmarken) jämförs med ett kvarter utan lokalt omhändertagande av dagvatten, med vanliga planteringar (rabatter) med

motsvarande yta som växtbäddarna samt en gård med betongplattor som inte släpper igenom vatten.

Detaljer kring beräkningarna av kostnaderna samt bakgrund till uppgifterna nedan finns i bilaga 4.

Tabell 2. Kostnad för exempel "Punkthus 4 b". Dagvattenutformning avser växtbäddar med magasinsvolym och genomsläpplig beläggning, ordinarie utformning plåttak, vanliga rabatter och betongplattor på gård.

	Yta	Dagvatten utf.		Ord. utformning		Merkostnad dagv. Utformning
	<i>m</i> ²	<i>kr/m</i> ²	<i>kk</i>	<i>kk</i>	<i>kk</i>	<i>Kkr</i>
Tak till växtbädd	650					
Växtbädd/plantering	33	3 200	106	1 500	50	56
Hårdgjord yta	1 050	850	893	500	525	367
Summa per kvarter	1 733		998		575	424
			<i>kr</i>		<i>kr</i>	<i>kr/m</i> ²
Summa per m ²			576		332	244

I detta exempel blir växtbädd med magasinsvolym i upphöjd konstruktion och genomsläpplig beläggning drygt 400 000 kr dyrare än ordinarie utformning. Det motsvarar en merkostnad på 244 kr per kvadratmeter kvartersmark. Merkostnaden beror i detta fall på den dyrare markbeläggningen.

3.3 Kostnadsjämförelser för kvartersmark

Det är intressant att jämföra de kostnader som räknats fram för lokala dagvattenlösningar på de två exempelkvarteren med den totala produktionskostnaden. Enligt produktionskostnadsstatistik från SCB¹ för år 2014 så var produktionskostnaden 42 675 kr/m² lägenhetsarea i storstadsregionerna.

Utifrån dessa siffror blir den totala kostnaden för kvarteret "extra tät stadsenklav" ca 600 Mkr, baserat på en antagen boyta på 14 000 m². Det motsvarar en produktionskostnad på ca 174 000 kr/m² kvartersmark. Den beräknade besparingen på fastigheten med de föreslagna lösningarna (320 000 kr), motsvara 0,05 % av byggkostnaden, vilket är 23 kr/m² boyta.

För punkthuskvarteret blir enligt samma beräkningsmetodik den totala produktionskostnaden 164 Mkr. Boytan är i detta fall 3 850 m². Det motsvarar ca 95 000 kr/m² kvartersmark. Den beräknade merkostnaden är i detta fall knappt 0,25 % av den totala byggkostnaden, vilket motsvarar en kostnad på ca 110 kr/m² boyta.

4 Exempel dagvattenhantering på gata

För att beräkna merkostnaden för att skapa system för lokal dagvattenhantering på gatemark, så har fyra typsektioner som föreslagits vara lämpliga för staden valts ut. Sektionerna är hämtade från Gata Stockholm (remissutgåva version 2015-05-08) som

¹ http://www.scb.se/sv/_/Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Boende-byggande-och-bebyggelse/Byggnadskostnader/Priser-for-nyproducerade-bostader/7329/7336/29543/

är under framtagande av trafikkontoret i samarbete med exploateringskontoret och stadsbyggnadskontoret.

På kartillustrationerna i bilaga 1 återfinns de typgator som beskrivs i avsnitt 4.1 och 4.2. De gatulängder som redovisas nedan har uppmätts på kartillustrationen och används som exempel för beräkningarna.

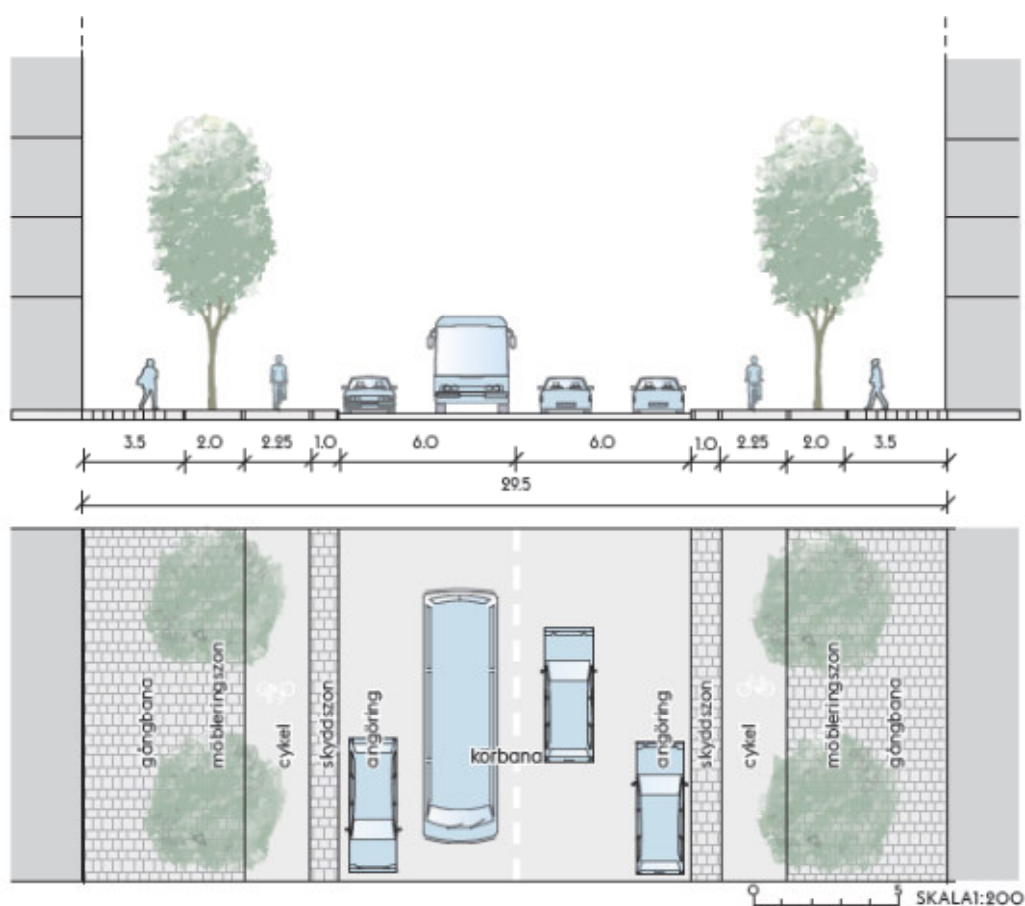
4.1 Gatusektion bred

Huvudgator i Stockholm har normalt trädplanteringar för att bidra med grönska i det annars hårda gaturummet. Nedan redovisas två olika gatusektioner för huvudgator, en med träd och en utan. Ytbehov och kostnader för dagvattenåtgärder beskrivs.

Beräkningarna baseras på en 240 m lång gata (se bilaga 1).

Bred gatusektion med trädplantering i skelettjord

För den bredare gatan har typ C1 valts som har en bredd på totalt 29,5 meter, se Figur 11. Den innehåller en trädplanterings- och möbleringszon med en bredd på 2 meter. I möbleringszonen ska parksoffor, skyltar, skräpkorgar, reklamskyltar, postlådor med mera få plats. Längden på gatan i exemplet är 240 meter, med en bredd av 29,5 meter ger det en yta på 7080 m² (ca 0,7 ha).



Figur 11. Typsektion C1 med träd i skelettjord och en total bredd på 29,5 m.

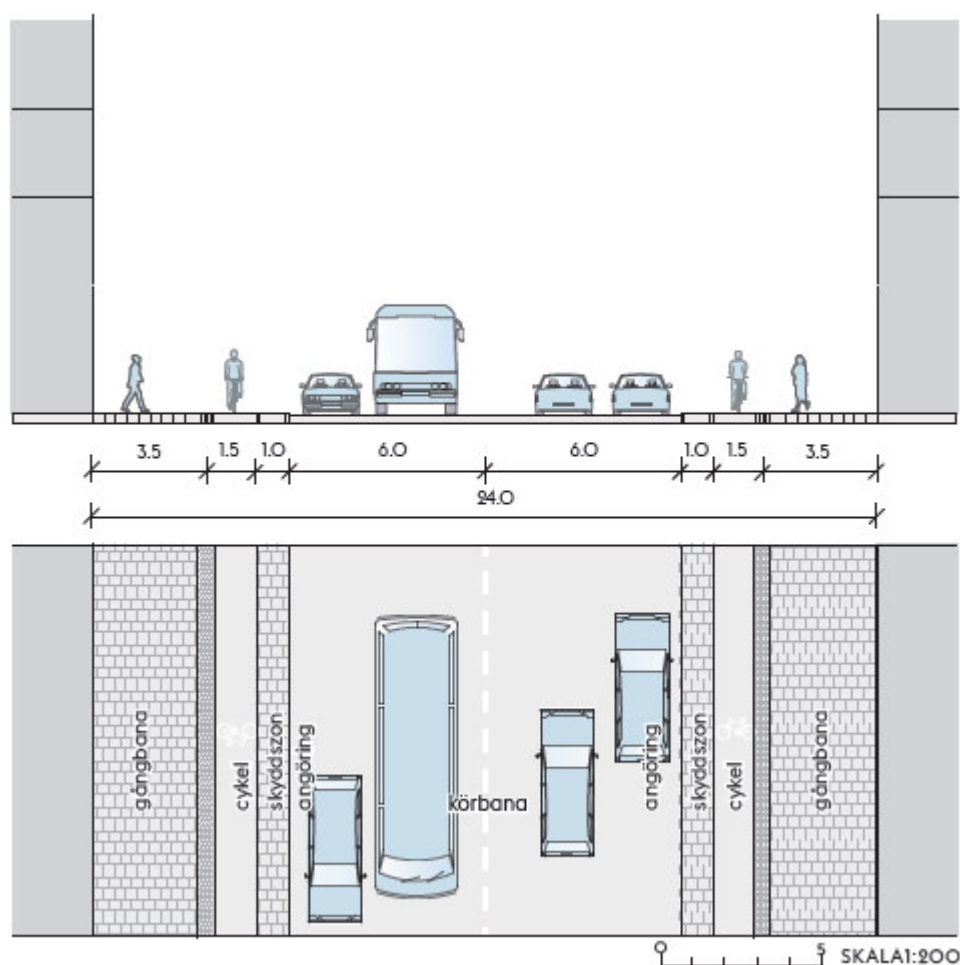
I detta exempel räcker skelettjordarna mer än väl till för att hantera gatans dagvatten. Med ett c/c-avstånd på 10 m mellan träden så kommer ca 30 mm nederbörd att kunna rymmas i skelettjorden. Dagvatten kan magasineras utan någon merkostnad.

I bilaga 1a illustreras träd utmed huvudgata med ett c/c-avstånd på 10 m. För att klara att hantera dagvatten från 20 mm nederbörd räcker ett c/c-avstånd på 19 m (se beräkningar i bilaga 4). Detta scenario illustreras i bilaga 1b.

Bred gatusektion utan träd

Även på en gata som saknar träd behöver dagvattnet kunna fördröjas och renas. Ett alternativ är att avleda gatans dagvatten till nedsänkta växtbäddar. I växtbädden skapas en volym för att fördröja och rena dagvattnet (se avsnitt 2.3). För att illustrera denna typ av lösning används sektion Ö3 från Gata Stockholm, vilken saknar träd (se Figur 12). Växtbäddarna kan anläggas i angöringszonen, skyddszone eller gångbanan.

Observera att denna gatusektion inte finns med på kartillustrationen i bilaga 1.



Figur 12. Typsektion Ö3 utan träd och en total bredd på 24 m.

Den yta som behövs för växtbäddarna på en 240 m lång gata är 354 m^2 , vilket motsvarar ca 30 parkeringsplatser. Ett annat sätt att illustrera ytbehovet är vilken bredd som det tar av gatan, i detta fall $1,44 \text{ m}$ ($354 \text{ m}^2 / 240 \text{ m} = 1,44 \text{ m}$).

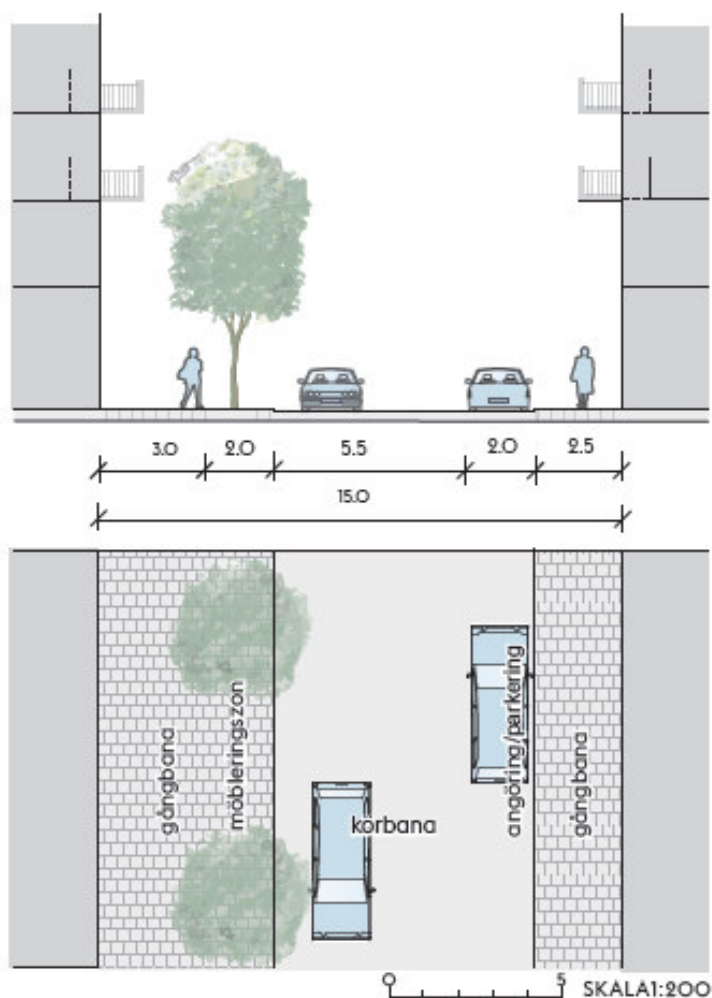
Kostnaden för nedsänkta växtbäddar är generellt lägre än för upphöjda och beräknas kosta cirka 1400 kr/m^2 (se avsnitt 2.3). Det ger en kostnad på 496 000 kronor för den aktuella gatan vilket motsvarar ca 70 kr/m^2 gatumark.

4.2 Gatusektion lokalgata

På de mindre gatorna föreslås en annan typsektion med en bredd på 15-15,5 m, med dubbelriktad trafik. I kartillustrationen i bilaga 1 finns tre lokalgator med full bredd som är 80-85 meter långa. I räkneexemplen har en gata med längden 80 meter använts.

Lokalgata med trädplantering i skelettjord

För gatorna med träd används sektion L3 från Gata Stockholm med gångbana, en rad med träd och körfält i mitten, se Figur 13. Gatan har en bredd på 15 meter vilket ger en yta på 1200 m².



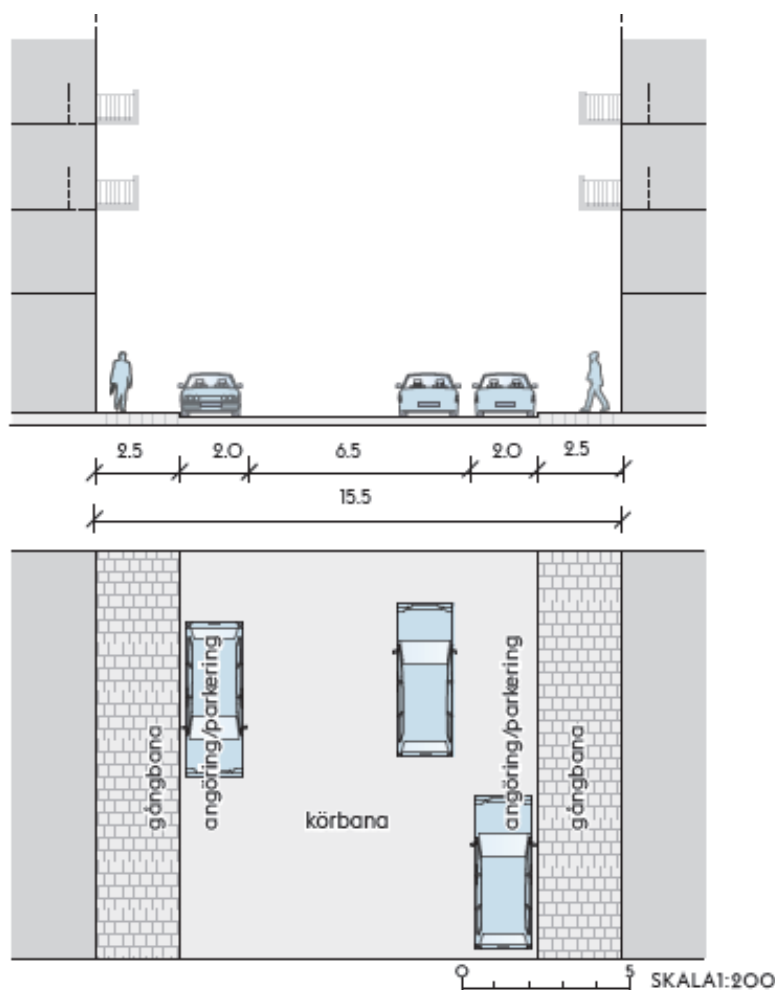
Figur 13. Typsektion L3 med träd på en sida med skelettjord och en total bredd på 15 m.

Även i detta exempel räcker skelettjordarna mer än väl till för att hantera gatans dagvatten. Med ett c/c-avstånd på 10 m mellan träden så kommer ca 33 mm nederbörd att kunna rymmas i skelettjorden. Dagvatten kan magasineras utan någon merkostnad.

Lokalgata utan träd

I Figur 14 nedan illustreras lokalgata typsektion L2 från Gata Stockholm med gångbana, angöring/parkering och dubbelriktad körbana. Liksom för huvudgatan har vi här räknat på alternativet att lägga in växtbäddar för att möta behovet av fördröjning

av dagvatten. Denna gatusektion är 15,5 meter bred och har en yta på total 1240 m².



Figur 14. Typsektion L2 med angöring/parkering på båda sidorna och en total bredd på 15,5 m.

För att omhänderta dagvattnet från lokalgatan behövs 62 m² växtbäddar vilket motsvarar 5,2 parkeringsplatser. Ett annat sätt att räkna är vilken bredd som det tar av gatan; 0,77 m ($62 \text{ m}^2 / 80 \text{ m} = 0,77 \text{ m}$).

Kostnaden för nedsänkta växtbäddar är cirka 1400 kr/m² (beräknat utifrån en kostnad på 3500 kr/m³ magasinvolym vatten). Det ger en kostnad på 87 000 kronor totalt och ca 70 kr/m² gatumark.

4.3 Summerad kostnad och ytbehov för gator

För huvud- och lokalgator med träd i skelettjord kan dagvatten hanteras utan att det innebär någon tillkommande kostnad för dagvattenhanteringen.

För ett gaturum med träd i skelettjord är den faktiska anläggningskostnaden för träden ca 60 000 kr per st (räknat för nybyggnation eller större ombyggnation exklusive ledningsflytt etcetera som kan tillkomma) och för en 29,5 m bred huvudgata med träd var 10:e meter, på båda sidor enligt Gata Stockholm blir anläggningskostnaden ca 400 kr/m² gata. Om träden anläggs för att klara 20 mm avrinning från gatan så kan de planteras glesare och då till en kostnad av drygt 200 kr/m² gata.

Kostnaden för nedsänkta växtbäddar är ca 70 kr/m² gata.

5 Exempel dagvattenhantering i park (allmän platsmark)

På den schematiska stadsdel som illustreras i bilaga 1 finns en park i den västra delen av området, dit det är möjligt att leda dagvatten från gatemark för utjämning och rening. Nedan beskrivs ett exempel där dagvatten från de närmast angränsande gatorna leds till en anläggning i parken. Exemplet illustreras på bilaga 1b. Parkytan är i exemplet ca 2000 m² stor (90 x 22 m).

Dagvattenanläggningen är av typen infiltrationsstråk (se avsnitt 2.5), ett flackt, grunt dike i parken som i normalfallet är torrt, men som när det kommer regn fylls med vatten. Efter nederbördstillfället får vattnet infiltrera genom marken, för att renas, till ett dräneringssystem som ansluter till dagvattenledningsnätet. Anläggningen rymmer det dagvatten från tillrinningsområdet som avrinner vid 20 mm nederbörd.

Tillrinningsområde 2560 m² gata, avrinningskoefficient 0,9.

20 mm avrinning från denna yta ger $2560 \times 0,9 \times 0,02 = 46 \text{ m}^3$.

Diket är 0,5 m djupt i mitten och 2 m brett i ytan. Tvärsnittsarean är 0,5 m² (bräddfyllt) och det krävs ett dike som är ca 90 m långt för att rymma 46 m³.

Detta dike tar knappt 10 % av parkytan i anspråk och är endast vattenförande efter regn, endast fullt efter ett kraftigt regn. Mellan regnen får vattnet infiltrera ner genom marken till en dränering.



Figur 15. Exempel på dike i parkmiljö som fylls vid nederbördstillfällena. Peterhofs parkanläggning utanför St Petersburg. Foto Jonas Andersson.

Anläggningskostnad

Kostnaden för att anlägga en ovanstående typer av dagvattenanläggningar i parkmiljö, i samband med att en park nyetableras, bedöms med en god samplanering av dagvattensystemet och parkutformningen, vara marginella. Anläggningsarbetena omfattar schakt för dike och underliggande dräneringsstråk, dräneringsledning med kringfyllning, matjord och gräsetablering.

6 Slutsatser och diskussion

Kostnadsberäkningarna visar att merkostnaden för att anlägga de aktuella dagvattenåtgärderna varierar från noll (träd i skelettjord i gata) till drygt 200 kr per kvadratmeter urban mark. Kostnaden på både kvartersmark och på allmän mark, här i gata, beror på vilken teknik och vilka material som används. Med gröna tak och träd i skelettjord på gårdsmark minskar t.ex. kostnaden jämfört med nollscenariot (konventionell takbeläggning och träd i enklare växtbädd), medan den ökar när upphöjda växtbäddar och en dyrare genomsläpplig gårdsbeläggning används.

För gatumarken beräknas växtbäddar som hanterar 20 mm kosta ca 70 kr per kvadratmeter ansluten gata, medan träd i skelettjord som hanterar motsvarande volym kostar drygt 200 kr per kvadratmeter ansluten gata (faktisk kostnad för staden men som ekonomiskt inte belastar eller hänförs till dagvattenhanteringen). Det ska dock tilläggas att detta kan variera med platsens förutsättningar och bli dyrare då utrymme i gatan saknas.

Merkostnaden för att anlägga lokala dagvattenanläggningar på kvartersmark har i rapporten ställts i relation till produktionskostnaden för bostäder i staden. Kostnaden för att anlägga lokala dagvattenanläggningar motsvarar i de exempel som beräknats från -23 kr per kvadratmeter till +110 kr per kvadratmeter lägenhetsarea. Kostnaden utgör en mycket liten andel av produktionskostnaden, som är ca 43 000 kr per kvadratmeter lägenhetsarea.

Kostnadsanalysen i denna rapport avser kostnaden för anläggningar vid nybyggnation eller omfattande ombyggnation. Anläggningstyperna kan även användas i befintliga områden. Kostnaden blir ofta högre när åtgärden byggs i efterhand, om det inte sker i samband med en större ombyggnation.

Beräkningarna av skötsel- och driftkostnader visar att de lokala dagvattenanläggningarna i de flesta fall inte innebär någon större merkostnad. Detta gäller om det anläggs en ”grön dagvattenanläggning” där det redan planerats växtlighet och om man utgår från att hårdgjorda ytor redan idag renhålls med regelbundenhet. Skillnaden i dessa fall är att ett minskat underhåll ger konsekvenser för den tekniska dagvattenanläggningen. Däremot i de fall nya anläggningar tillkommer innebär det en ökad skötsel- och driftkostnad.

Ytliga och gröna dagvattenlösningar kan vid sidan av funktioner för rening och utjämning av dagvattenflöden också bidra med andra ekosystemtjänster i staden, så som att dämpa temperaturvariationer, rena luften, fungera som ljuddämpare och bidra med biologisk mångfald. Gröna ytor kan också öka värdet på fastigheter och skapa mer välbefinnande i och med att människor mår bättre då de har nära till gröna ytor.

De ovan beskrivna dagvattenlösningarna tar inte nödvändigtvis värdefull yta i anspråk. Att anlägga gröna tak på planerade eller redan befintliga tak är exempel på detta. Att anlägga en upphöjd eller nedsänkt växtbädd tar plats på marken, men om det ersätter en vanlig plantering innebär den upphöjda eller nedsänkta växtbädden endast en viss ökad kostnad vid anläggandet. Beräkningarna visar att för en 100 m lång lokalgata upptar nedsänkta växtbäddar 3 av 16 tillgängliga parkeringsplatser på varje sida. Även idag tillåts planteringsytor att ta plats i gaturummet. Med anpassad utformning kan dessa till större del användas för att utjämna, rena och nyttiggöra dagvatten.

Skelettjord under träd innebär en merkostnad vid anläggandet men inte därefter. Skelettjorden är placerad under gatumark vilket medför att ytan ovan mark kan användas som trottoar, parkering eller körbana. Träd med skelettjord och träd utan tar ungefär samma plats i gaturummet. Jämfört med växtbäddar så minskar den tillgängliga ytan för parkeringsplatser mindre på gator med träd.

Efterfrågan på produkter och system för lokal hantering av dagvatten har ökat kraftigt de senaste åren. Det har lett till teknikutveckling och ökat utbud av produkter. Det kommer sannolikt att leda till att kostnaden för lokala dagvattensystem successivt minskar.

7 Referenser

7.1 Skriftliga

Stockholms stad 2015. Remissversion, Dagvattenhantering, Riktlinjer för kvartersmark i tät stadsbebyggelse.

Stockholms stad, Remissversion 2014-03-31. Gata Stockholm, Standard och kvalitet för gatusektioner, Vägledning.

7.2 Muntliga kontakter

Uppgifter om priser har erhållits per telefon och mail under perioden december 2015-februari 2016.

Gröna tak: Jonatan Malmberg, Scandinavian Green Roof Institute
Shanti Wittmar, Veg Tech AB
Mikael Blihagen, Svenska Naturtak

Plåttak: Björn Bergstad, Takcentrum
Kjell Hansson, Plåtentusiasterna AB

Betongpannor: Noomi Törngren, Takcentrum

Skelettjordar: Björn Embrén, Stockholms stad
Sofia Eskilsdotter, SEs landskap
Örjan Stål, Viös AB

Markbeläggning: Ulrika Jahrmarkt, S:t Eriks AB
David Hedberg, Beräkningskonsulter AB

Upphöjda växtbäddar: Kent Fridell, SLU, Tengboms
Andreas Morgin, Ängelholms kommun

Skötsel: Nils Odén, Stadsträdgårdsmästare, Upplands Väsby kommun
Bo Höglund, Parkingenjör, Norrmalms stadsdelsförvaltning

8 Bilagor

Bilaga 1a: Kartillustration, utformning av gator med träd enligt omfattning i ”Gata Stockholm”

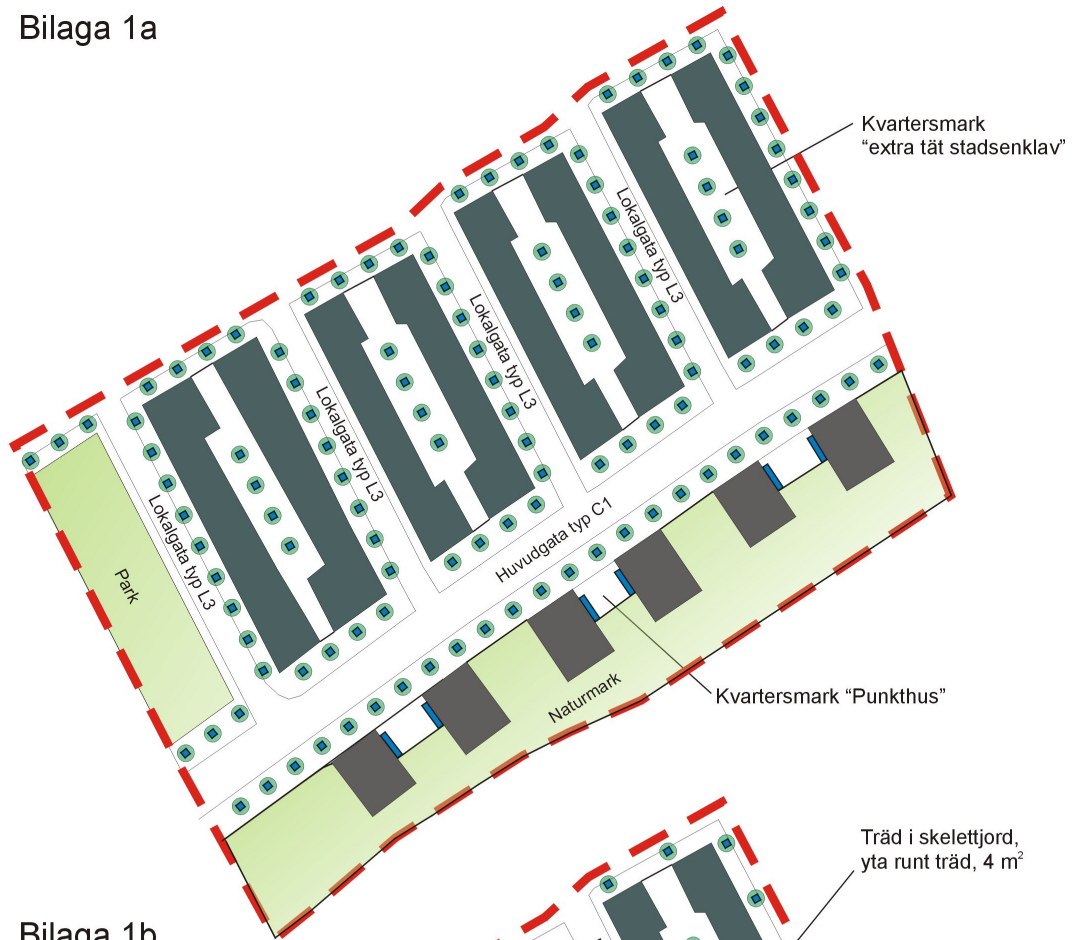
Bilaga 1b: Kartillustration, omfattning på åtgärder för att magasinera dagvatten från 20 mm nederbörd.

Bilaga 2: Kvarter av typen ”extra tät stadsenklav”

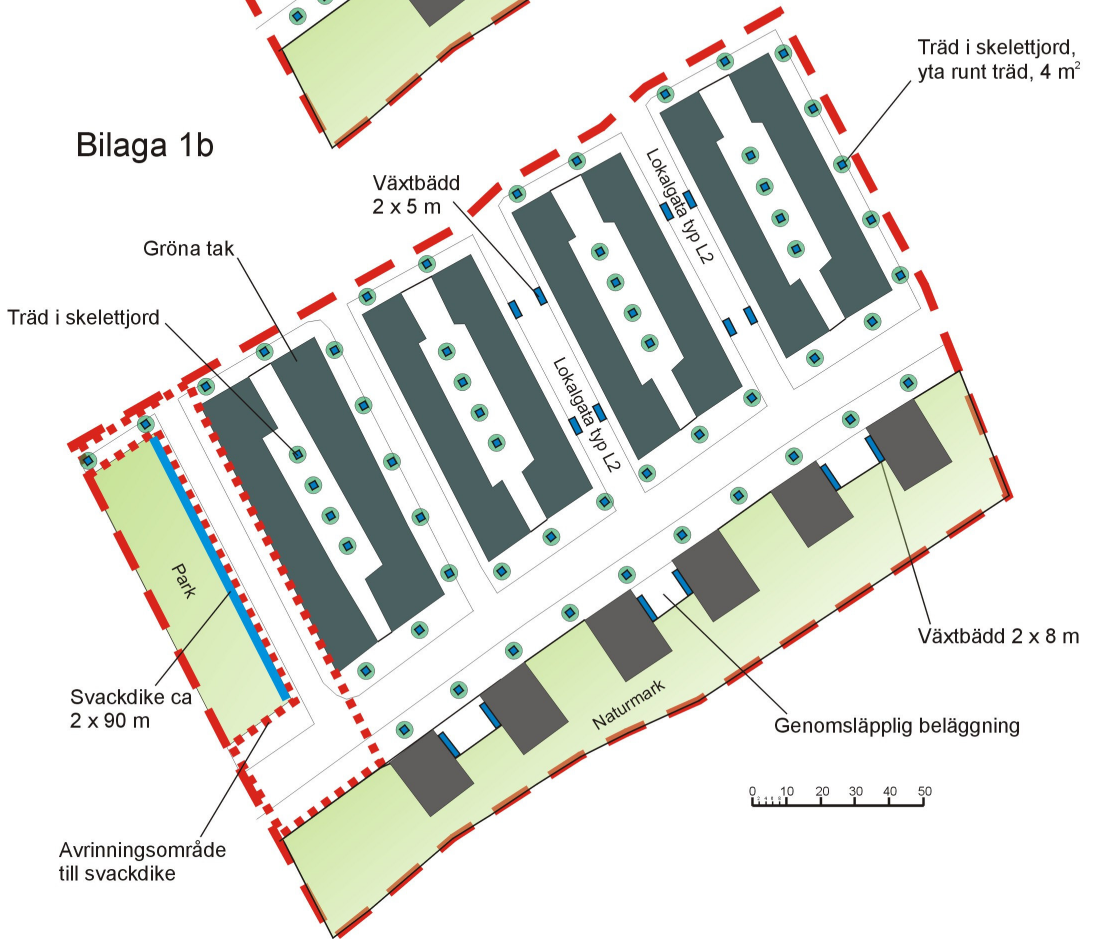
Bilaga 3: Kvarter av typen ”punkthus”

Bilaga 4: Beräkningar för olika anläggningstyper

Bilaga 1a



Bilaga 1b

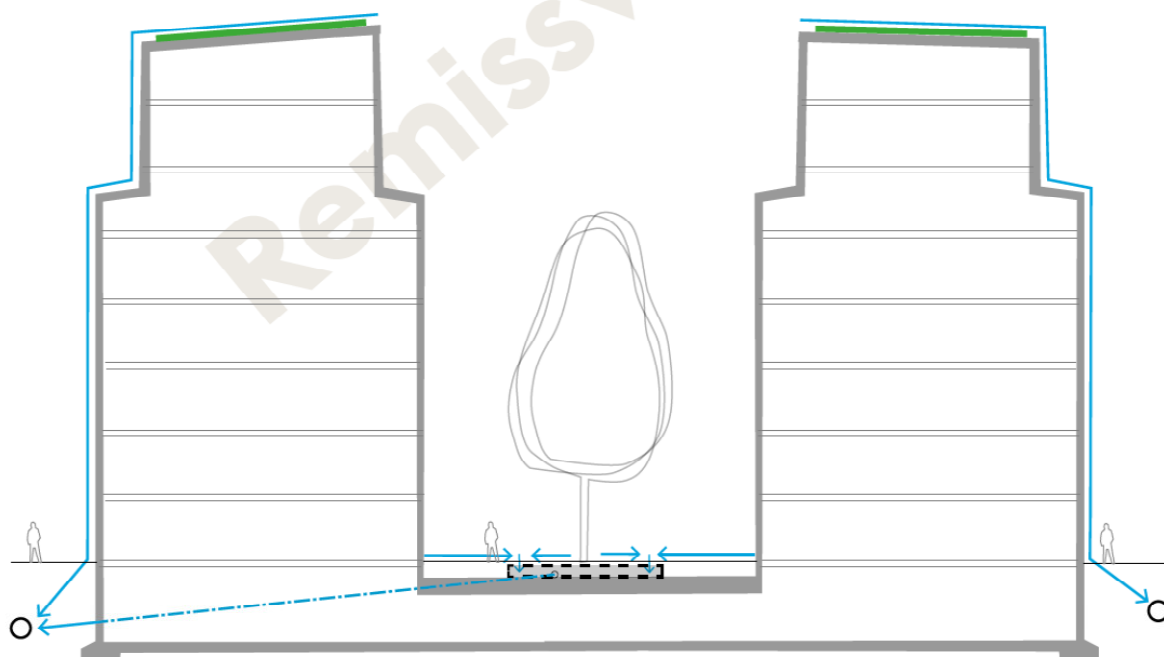
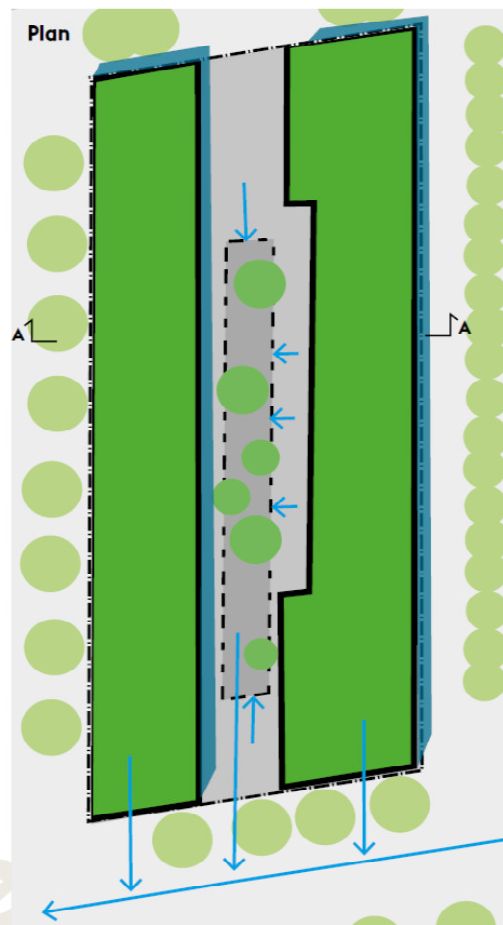
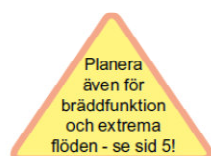
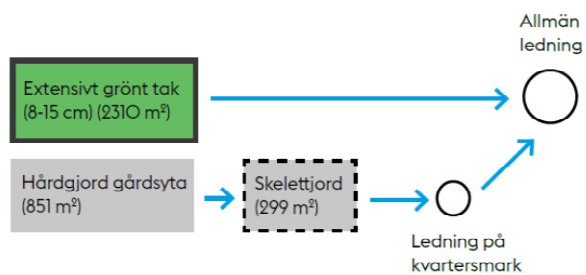


Bilaga 2

Extra tät stadsenkav 3a

Systembeskrivning

- Extensiva gröna tak avvattnas till ledning.
- Hårdgjord gårdsyta avvattnas via luftningsbrunn till vanlig skelettjord med nedvattnad växtjord under del av gårdsytan.
- Gröna tak och skelettjord klarar att magasinera 20 mm nederbörd från tak- och gårdsytor (inklusive yta ovan skelettjord).



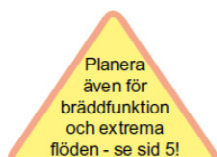
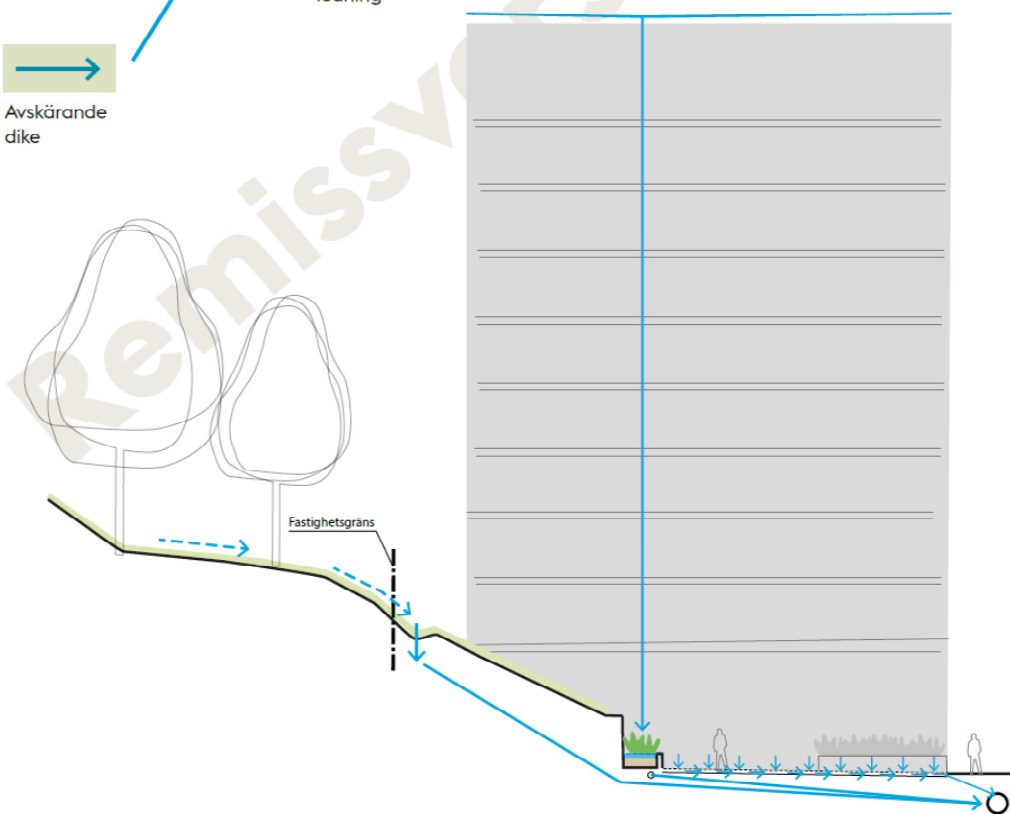
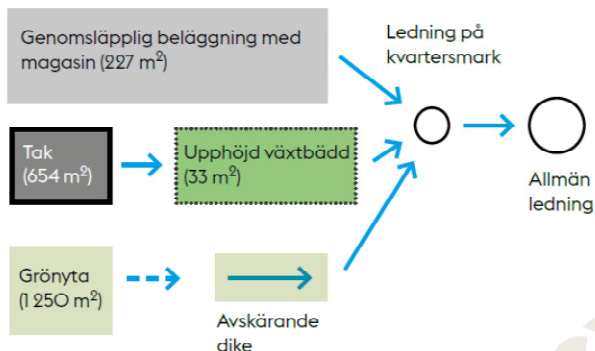
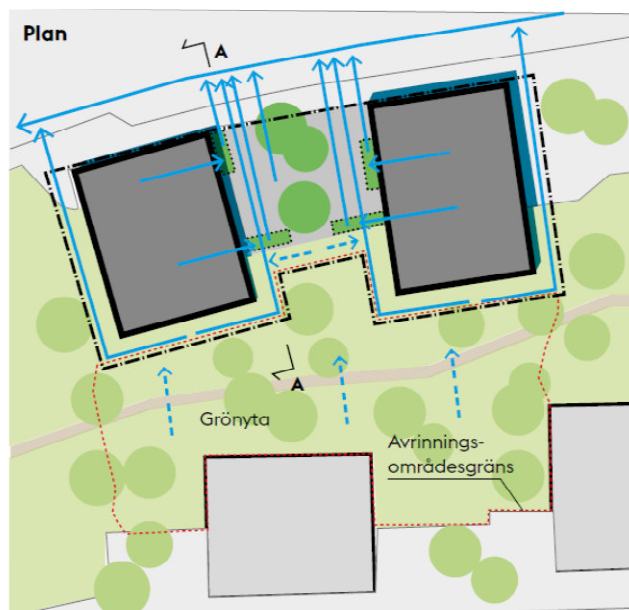
Sektion A-A. Hårdgjord gårdsyta avleds till skelettjord under del av gårdsyta. Extensiva gröna tak avleds direkt till allmän ledning.

Punkthus 4b

Systembeskrivning

I detta exempel är gårdsytan minimal. Fastighetsgränsen ligger nära fasadliv.

- Tak avrinner till upphöjda växtbäddar där planteringsytan är något nedsänkt.
- Växtbädden ligger innanför fastighetsgräns.
- Gården har en beläggning med genomsläppliga fogar på luftigt bärlager, för fördröjning och rening.
- Växtbäddar och luftigt bärlager under gårdsytan klarar att magasinera 20 mm nederbörd.
- Grönytan lutar in mot den bebyggda ytan, och avleds runt fastighet.



Sektion A-A. Takvatten leds till upphöjda växtbäddar där planteringsytan är något nedsänkt. Genomsläpplig beläggning med magasin i luftigt bärlager tar hand om gårdens vatten.

Bilaga 4 - Beräkningar för olika anläggningstyper

Gröna tak

Anläggningskostnad

För att utreda kostnaden för att anlägga gröna tak togs kontakt med två företag, Veg Tech och Svenska Naturtak, samt forskningsinstitutet Scandinavian Green Roof Institute. Det finns ett stort antal andra företag som levererar gröna tak. Följande fråga skickades till de båda företagen:

”Det viktiga är att taket ska kunna hålla 20 mm regn (20 l/m²). Takyta är 4500 m² svagt lutande, uppdelat på fyra olika tak med en våningshöjd på 6-8 våningar. Orten är Stockholm. Vill gärna ha prisuppgift både på sedumtak, ört/sedum och frösådda tak om ni har det. Och uppdelat på material och kostnad för att lägga taket.”

I den jämförande tabellen nedan har endast tjocka tak tagits med på grund av att de kan hålla 20 mm vatten. Enligt denna sammanställning skulle ett grönt tak från Veg Tech kosta 817 kr/m², ett motsvarande tak från Svenska Naturtak 533 kr/m² och ett platsodlat tak från Svenska Naturtak 370 kr/m². Veg Tech gör inte platsodlade tak. Enligt Scandinavian Green Roof Institute kan ett något dyrare och designat tak kosta mellan 600-900 kr/m² och frösådd och sticklingar runt 400 kr/m². Dessa priser stämmer alltså överens med kostnaden direkt från leverantörerna.

För att jämföra mot kostnaden av vanliga tak har prisuppgifter tagits fram för falsad bandplåt vilket kostar mellan 600-1200 kr/m² för material och anläggning. Ett tak med betongpannor är billigare och kostar cirka 300 kr/m² (material, bär- och ströläkt samt arbete).

Tabell 4:1. Kostnader för att anlägga gröna och vanliga tak.

	Material	Anläggning	Summa	Per yta	Tjocklek	Vatten	Vikt
	<i>kk</i>	<i>Kkr</i>	<i>kk</i>	<i>kr/m²</i>	<i>mm</i>	<i>l/m²</i>	<i>kg/m²</i>
Veg Tech							
Sedum-ört-gräs	2919	758	3678	817	120	65-70	130 ¹
Svenska Naturtak							
Naturtak	1 300	1 100	2 400	533	100-250	30-80	100-300 ¹
Platsodlat	1 150	500	1 650	367	80		70 ¹
Vanliga tak för jämförelse							
Plåttak				600-1200			
Betongpannor				300			36

¹ För gröna tak gäller vikten vattenmättade tak.

Vid frågor om **extra kostnad för att taken är tyngre** har följande svar fåtts: Om taken inte är tyngre än 150 kg/m³ ger det vid nybyggnation en låg eller obefintlig merkostnad för takkonstruktionen (Scandinavian Green Roof Institute).

Frågor kring **tätskikt**: För gröna tak med andra växter än sedum kan det behövas ett rotskydd i och med att de har mer aggressiva rötter. I prisuppgifterna från leverantörerna ingår deras rotskydd, om behov finns för det, vilket är beroende av vilken typ av tätskikt som ligger under det gröna taket.

När det gäller **snöskottning** skyddar vegetationen tätskiktet vilket innebär att risken för skada på tätskiktet minskar. Om det blir en skada på vegetationen växer den troligen igen fram på våren eller om den är större kan den behöva åtgärdas senare.

Skelettjordar

Uppgifter om skelettjordar kommer från Björn Embrén och Britt-Marie Alvem, Stockholms stad samt Örjan Stål, Viös AB.

Beräkning av behov av yta

Nedan följer beskrivning av hur skelettjordar är uppbyggda och beräkningar med resonemang kring vilken yta som kan avledas till ett träd. Skelettjord innebär att ett luftigt skelett byggs upp av grov sten/makadam med en hålrumandel på 30-40 % av volymen. Tidigare har sedan matjord spolats ner i hålrummen runt träden vilket ger en total hålrumandel på 15-20 %.

Ett träd behöver en skelettjords volym på 15 m^3 . I detta exempel har vi räknat med att porositeten hos skelettjorden är 30 % (dvs. hålrum på 30 % där vatten kan lagras istället), vilket gör att skelettjorden vid varje träd kan omhänderta/fördröja upp till 5 m^3 vatten. Det är något förenklat i och med att porositeten troligen är något mindre beroende av hur mycket matjord som spolas ned.

Kvartersmark

På gårdarna anläggs skelettjord och ett antal träd. Antaganden och beräkning:

1. Gården är 1150 m^2 stor. Reducerad yta med avrinningskoefficient 0,9 ger en yta på 1035 m^2 ($1150 \text{ m}^2 * 0,9 = 1035 \text{ m}^2$).
2. När det kommer 20 mm regn ger det en totalvolym vatten på $20,7 \text{ m}^3$ vilket behöver kunna fördröjas på gården ($1035 \text{ m}^2 * 0,020 \text{ m} = 20,7 \text{ m}^3$).
3. Med 5 m^3 vatten per träd behövs det därför fyra träd med skelettjord på gården för att omhänderta $20,7 \text{ m}^3$ vatten. ($20,7 \text{ m}^3 / 5 \text{ m}^3 = 4$ träd).

Gata

Motsvarande beräkningar för gata med samma antaganden angående volym vatten per träd är följande:

1. **Ett träd kan omhänderta** ett regn på 20 mm, som med en avrinningskoefficient på 0,9 blir 18 mm, från en **gatuyta av 278 m^2** ($(5 \text{ m}^3 / \text{träd}) / 0,018 \text{ m} = 278 \text{ m}^2 / \text{träd}$).
2. **Huvudgata:** Antaget att halva vägbanans bredd, 14,75 meter, avleds åt varje håll så behöver det stå ett träd var 19 meter ($(278 \text{ m}^2 / \text{träd}) / 14,75 \text{ m} = 19 \text{ m}$). I praktiken står träden betydligt tätare än så. Vanligt avstånd mellan två träd kronors centrum är 8-12 m (Gata Stockholm) och i bilaga 1a är det 10 meter mellan varje träd.
 - a. Antaget 19 meter mellan varje träd så behövs det **24 träd** på hela gatusträckan. Kostnaden för 24 träd som anläggs med skelettjord **å 60 000 kr är 1,4 Mkr**.
 - b. **Antal parkeringsplatser:** Av markytan tar träd en förhållandevis liten yta i anspråk. Det handlar om ca $2-4 \text{ m}^2$ runt själva trädet kan inte användas till annat. För huvudgatan med 24 träd motsvarar det som mest $24 * 4 \text{ m}^2 / \text{träd} = 96 \text{ m}^2$. En parkeringsplats motsvarar cirka 12 m^2 ($2 \text{ m} * 6 \text{ m}$) vilket gör att dessa träd **motsvarar 8 parkeringsplatser**. Under markytan tas en större yta i anspråk.
 - c. **Max mm regn att omhänderta:** Med 10 meter mellan varje träd blir det totalt 43 träd längs med huvudgatan. Med 5 m^3 per träd ger det en

total volym på vatten att omhänderta 215 m^3 . Delat med arean på gatan 7080 m^2 blir regnmängden **30 mm** ($215 \text{ m}^3 / 7080 \text{ m}^2 = 0,03 \text{ m}$).

3. **Lokalgata:** Utifrån samma resonemang som under ovanstående punkter gäller följande för lokalgatan: Ytan på gatan som kan avledas till varje träd är densamma, det vill säga 278 m^2 . Gatan har träd utmed ena sidan. Om hela vägbanans bredd, 15 m, avleds behöver det stå ett träd var 18 meter ($(278 \text{ m}^2 / \text{träd}) / 15 \text{ m} = 18,5 \text{ m}$). Det ger att det behövs 4,3 träd på en gata som är 80 m lång. Vid beräkningarna avrundas det till 5 träd.
- Antaget 18 meter mellan varje träd så behövs det **5 träd** på hela gatusträckan. Kostnaden för 5 träd som anläggs med skelettjord **å 60 000 kr är 300 000 kr**.
 - Antal parkeringsplatser:** Ytan som behövs är $5 \text{ träd} * 4 \text{ m}^2 = 20 \text{ m}^2$. Det motsvarar 1,7 parkeringsplatser ($20/12 \text{ m}^2 = 1,7$ parkeringsplatser).
 - Max mm regn att omhänderta:** Med 10 meter mellan varje träd blir det totalt 8 träd längs med huvudgatan. Med 5 m^3 per träd ger det en total volym vatten att omhänderta på 40 m^3 . Delat med arean på gatan 1200 m^2 blir regnmängden **33 mm** ($40 \text{ m}^3 / 1200 \text{ m}^2 = 0,033 \text{ m}$).

Växtbäddar

Beräkning av behov av yta

När det gäller dimensionering av växtbäddar är en tumregel att ca 5 % av ytan ska vara en växtbädd.

Kvartersmark, upphöjda växtbäddar

Till de upphöjda växtbäddarna avleds takdaggvattnet. Den totala ytan som ska fördröjas där är 650 m^2 takyta och 33 m^2 ($650 \text{ m}^2 * 0,05 = 32,5 \text{ m}^2$) växtbädd vilket ger en belastande yta på 683 m^2 . När det kommer ett 20 mm regn ger det en total volym vatten på $13,7 \text{ m}^3$ ($683 \text{ m}^2 * 0,020 \text{ m}$) vilket ska kunna fördröjas i växtbädden. Djupet i växtbädden för att fördröja vattnet är 40 cm ($13,7 \text{ m}^3 / 33 \text{ m}^2 = 0,4 \text{ m}$).

Huvudgata, nedsänkta växtbäddar

För huvudgatan föreslås dagvattnet avledas till nedsänkta växtbäddar. Ytan på gatan är 7080 m^2 och 5 % av det ger en yta på växtbäddarna på 354 m^2 ($7080 \text{ m}^2 * 0,05 = 354 \text{ m}^2$). Dessa kan placeras på olika sätt, men bör spridas längs med gatan för att kunna omhänderta allt vatten. Denna yta motsvarar 30 parkeringsplatser ($354 \text{ m}^2 / 12 \text{ m}^2 = 29,5$).

Lokalgata, nedsänkt växtbädd

Motsvarande beräkning för en lokalgata från vilket dagvattnet avleds till nedsänkta växtbäddar ger med en gatulängd av 80 m och bredd 15,5 m en yta på 1240 m². 5 % av den ytan ger 62 m² växtbäddar. Dessa kan placeras på olika sätt men bör spridas längs med gatan för att kunna omhänderta allt vatten. Denna yta motsvarar 5,2 parkeringsplatser ($62 \text{ m}^2 / 12 \text{ m}^2 = 5,2$).

Genomsläpplig beläggning

Anläggningskostnad

För att ta reda på kostnaden för olika typer av markbeläggning togs kontakt med Beräkningskonsulter AB vilka arbetar med att ta fram kostnader för olika typer av byggprojekt. De angav att kostnaden för vanliga betongplattor med sättsand under kostar cirka 500 kr/m² inklusive arbetet och motsvarande för en mer genomsläpplig beläggning av modellen Hansa gräsarmering kostar cirka 850 kr/m².