



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds-  
och jordbruksvetenskap Landskapsutveckling

# Gräsarmering på villagator

– Möjligheter och begränsningar

Porous Pavements on residential streets

- Possibilities and limitations

*Sofia Stenberg*

Självständigt arbete/Examensarbete/Kandidatarbete 15 hp

Landskapsingenjörsprogrammet

Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU

Alnarp 2013

## **Gräsarmering på villagator– möjligheter och begränsningar**

Porous Pavements on residential streets - possibilities and limitations

*Sofia Stenberg*

**Handledare:** Eva-Lou Gustafsson, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

**Examinator:** Anders Kristoffersson, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** G2E

**Kurstitel:** Examensarbete för landskapsingenjörer

**Kurskod:** EX0361

**Program/utbildning:** Landskapsingenjörsprogrammet

**Examen:** Kandidatexamen

**Ämne:** Landskapsplanering

**Utgivningsort:** Alnarp

**Utgivningsmånad och -år:** Juni 2013

**Serienamn:** Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU

**Elektronisk publicering:** <http://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** Dagvatten, Gräsarmering, Porous pavements, Avlopp, Water management, Rainwater, LOD, Hållbar dagvattenhantering.

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för Landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap

Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

## Förord

Intresset för dagvattenhantering växte under kursen *Utformning av vattenmiljöer* under mitt andra år på SLU Alnarp. Att det var just om gräsarmering jag valde att rikta mitt intresse mot, var på grund av att jag gillar att den har stor funktion och ger möjligheten att bidra med grönska på de gråaste platser. Det andra som skapade frågeställningen var att det verkar inte finnas någon tydlig lag om hur vatten får ledas från framsidan på tomten till avloppssystemet i gatan? Det tredje som skapade frågeställningen var att under alla växtvandringar i Lomma har man sett hur tomterna förvandlas från grönska till betongbeläggningar med lutning ut mot gatan! Börjar en granne följer de andra efter med tiden. Folk måste börja förstå att vi inte kan leda allt vatten ut till gatan, bara för att villaägarna inte vet vad följderna blir. Enligt mig måste vi som har kunskap i området göra det till vår uppgift att förklara vad som sker om alla leder sitt vatten till gatan.

En person jag speciellt vill tacka är min handledare Eva-Lou Gustafsson. En handledare som ställde upp trots att hon visste att jag har dyslexi och att det skulle innebära mycket rättning med grammatik. Rättstavningen har bidragit till en del skratt och intressanta samtal om hur synen på dyslexi har förändrats med tiden. Jag vill även tacka för att alltid få snabba svar och stöd inom arbetet, samt att du har lyckas hålla mig lugn och förklarat hur allt ska utföras inom kurstiden.

Jag vill även tacka mina vänner på Alnarp för stöd och som har svarat tålmodigt på mina frågor rörande uppsatsskrivande. Det har blivit en del kaffedrickande utanför Kasernen i år vilket behövdes, även hjälpen med att rätta delar av arbetet – Tack! Jag vill även tacka min familj för stöd och visat intresse i mina studier, trots de inte alltid vetat vad jag pratat om.

Sist men inte minst vill jag speciellt tacka min guldklimp i det hela – hunden Harry. Tack för alla promenader, alltid minst tre om dagen oavsett väder. Att du hjälpte till att motivera varför man skulle gå upp tidigt på morgonen, samt att du delvis accepterat att matte varit tråkig och suttit framför datorn när man istället borde ge dig obegränsad uppmärksamhet.

Tack!

*Sofia Stenberg*

Sofia Stenberg

Alnarp, 18 juni 2013

## Sammanfattning

Idag sker det förtätningar i den urbana miljön vilket bidrar till en ökad andel hårdgjorda ytor inom dessa områden. Det är även ett växande fenomen inom villaområden att anlägga hårdgjorda ytor med ogenomsläppliga fogar på tomtens framsida. Vart tar det avrinnande dagvattnet från de hårdgjorda ytorna vägen och blir det några negativa följder av detta?

*Gräsarmering på villagator* är ett kandidatarbete som är en renodlad litteraturstudie för att söka fakta om det är möjligt att anlägga gräsarmering inom ett villaområde med en begränsad hastighet upp till 30 km/h. Arbetet ger en grund för framtida studier inom området av dagvattenhantering inom villaområden eller vägar med en hastighetsbegränsning på 30 km/h.

Problematiken med dagvattenhanteringen i våra samhällen har idag börjat bli en mer diskuterad och beprövad metod. Speciellt nu när tankesättet med *Lokalt omhändertagande om dagvatten-LOD* har fått en högre status, samt att kommunerna har fått ökad kunskap om olika dagvattensystem. Det har därför blivit vanligare att anlägga dagvattenanläggningar i ny bebyggelse och runt större hårdgjorda ytor i samhällen. Det är inte enbart den förväntade klimatförändringen som bidrar med de problem som uppstår vid ökade regnmängder utan det är också förtätning och en ökad mängd hårdgjorda ytor. För att förstå varför det har blivit vanligare med översvämningar inom våra samhällen, måste man förstå att det naturliga kretsloppet är rubbat i staden och vad som är orsaken. Det är även viktigt att se till att det finns bestämmelser eller lagar om dagvattenhantering i villaområden.

Dagvattnet som ytavrinner från de hårdgjorda ytorna i villaområden rinner till de dagvattenbrunnar som finns inom området. Med den tillkommande mängden dagvatten som kommer från villatomtens framsidor ökar belastningen på avloppsledningar i gatan, som ofta inte är dimensionerade för den ökade mängden. Det finns en möjlighet att våra villaområden i framtiden kommer att få likande problem som Storbritannien har haft med översvämningar. Där var tomternas framsidor stor anledning till de kraftigt ökade vattenmängderna i dagvattenledningarna. Idag måste våra kommuner få sina förvaltningar att samarbeta för att lättare lösa dagvattenhanteringen och inte enbart förnya eller klimatanpassa dagens avloppsledningar, utan istället kombinera ledningar med olika dagvattenanläggningar, för att skapa ett hållbart samhälle inför framtiden.

I de flesta villaområden finns lokalgator, uppfarter och trottoarer med låg belastning, vilket gör dessa ytor utmärkta för användning av genomsläppliga beläggningar. Den största avrinningen i villaområden kommer från hårdgjorda ytor på bebyggda tomter. Tomtägaren skulle kunna ändra den hårdgjorda ytan på framsidan på tomten till en av de olika genomsläppliga beläggningar som finns, till exempel gräsarmering. Idag har en del kommuner ändrat dagvattenavgiften för samhället, vilket betyder att det medger att villaägare kan sänka en del av dagvattenavgiften genom att använda sig av olika LOD-lösningar på tomten. En morot för villaägaren för att minska avrinningen från tomtytan och en positiv effekt för kommunen då det blir en minskad belastning på avloppssystemen.

Att använda gräsarmering inom områden med en hastighetsbegränsning på 30 km/h lämpar sig utmärkt. Om området däremot saknar trottoarer ska det alltid fällas in ett stråk med jämnt underlag för att uppfylla de lagar om handikappsanpassning som finns.

## Innehållsförteckning

Förord

Sammanfattning

Inledning.....	1
Bakgrund.....	1
Frågeställning.....	2
Syfte/mål .....	2
Avgränsningar.....	2
Metod och material .....	2
Litteraturstudie .....	3
Dagvatten, vad betyder det?.....	3
Hydrologiska kretsloppet.....	3
Stadens kretslopp – ett rubbat kretslopp.....	3
Dagvatten.....	4
Hur dagvattnet påverkas genom klimatförändringen .....	5
Dagvatten i kallt klimat .....	6
Kort om planprocessens viktigaste delar.....	6
Lokalt omhändertagande av dagvattensystem - LOD .....	7
Kort om de olika kategorierna av dagvattenlösningar.....	8
Hållbar dag- och dränvattenhanteringssystem (HDD – system) .....	8
Positiva värden .....	9
Avloppssystem .....	10
Historia .....	10
De olika avloppssystemen.....	11
Vad säger lagen om dagvattenhantering i städerna? .....	11
Dagvattenavgift .....	12
Handikappsanpassning .....	12
Genomsläppliga beläggningar.....	13
Problem med genomsläppliga beläggningar.....	14
Gräsarmering .....	14
Liknande dränerande markstenstyper.....	15
De vanligaste typerna av svensk marksten för gräsarmering .....	15
Buller .....	16
Överbyggnad.....	16
Trafikklass .....	16
Typkonstruktioner för permeabla beläggningar .....	17
Beläggning.....	18

Fogmaterial och sättsand .....	18
Geotextil .....	18
Bärlager .....	19
Förstärkningslager .....	19
Terrassen .....	19
Kostnader .....	19
Marksten jämfört med asfalt.....	19
Kostnader för förnyelse av avloppssystem - Normal eller klimatanpassad.....	20
Diskussion .....	21
Förslag till fortsatt forskning.....	25
Slutsats .....	26
Källförteckning.....	27
Figurförteckning.....	28
Bilagor.....	29
Bilaga 1 .....	29

## Inledning

### Bakgrund

Det är idag ett växande fenomen att villaträdgårdars framsidor blir hårdgjorda och detta leder till ökad vattenmängd/flöde i våra rörsystem. Är våra avloppssystem dimensionerade för att klara det extra flödet som villaägarna leder ut från sin tomtmark?

Enligt Viktor Laurell från Trafikverket (2013-05-17) finns det idag 10679 km kommunala 30 km/h vägar och totalt i hela landet 16843 km med 30 km/h vägar. En omstrukturering av dessa ytor med genomsläppliga beläggningar till exempel gräsarmering eller markbetong med öppen fog, skulle minska risken för översvämningar i våra samhällen samt bidra till rening av dagvattnet.

Av landets tätortsbebyggelse består 47 % av bostadsområden och Deak Sjöman (2013) påpekar att det betyder att tätorternas grönområden och genomsläppligt material finns inom bostadsområdet och i sin helhet har en positiv effekt av tätortens dagvattenhantering genom fördröjning eller infiltration. Det finns ett problem menar Deak Sjöman då det är en växande trend att anlägga ogenomsläppliga beläggningar på privattomten som minskar infiltrationen och ökar ytavrinningen mot gatan. Enligt Anders Markstedt från S:t Eriks (2013-04-22) har det varit en försäljningstopp av markbeläggning i bygghandeln mellan 2009-2010. Försäljning har minskat med 5 % de senaste åren, då ROT-avdraget för stensättning ändrades och inte längre är avdragsgillt. Markstedt anser att det har blivit vanligare att folk väljer hårdgjorda ytor i trädgårdsmiljöer istället för andra material såsom grus.

Dagvattenhanteringen kan inte längre enbart hanteras som en VA-fråga utan måste byggas in vid samhällsplaneringsfrågor som höjdsättning och områdesutformning. Vid användning av olika LOD-system kan man vinna både ekonomiskt och miljömässigt, men det måste komma in tidigt i planeringsprocessen för att detta ska uppnås.

Tankesättet med hantering av lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD) ligger i tiden för våra större städer och har börjat sprida sig till våra mindre samhällen, däremot har de ofta inte de ekonomiska möjligheter som de större städerna har. Det var även vanligare förr att kommunerna grävde upp gatan och bytte dimensioner på rörsystem än att lösa dagvattenproblemet med LOD. Idag börjar LOD bli allt vanligare och används oftare till nya bostadsområdets grönytor. Villaområdets gator/vägar används till betydligt mer än att köra till och från huset, till exempel leker barn ute på gatan. Barnen lär sig att cykla, hoppa hopprep etc. Framkomlighet är en viktig samhällsfråga så det är även viktigt att vägar (som i vissa fall inte har en trottoar) är handikappanpassade. Alltså är gatans roll i villaområden stor och grundläggande för ett bra fungerande samhälle. Skador och pölar på vägen är inget attraktivt för ett område och nu när det gröna börjar värderas högre i vårt samhälle kan nya lösningar på vägar vara attraktivt, till exempel olika infiltrationsstråk där gräsarmering ingår.

Deak Sjöman (2013) skriver att översvämningsrisken ökar i våra bostadsområden inte enbart beroende på klimatförändringar med ökad regnmängd, utan beror även på hur och var man planlägger och bygger våra nya tätorter och bostadsområden. Det är viktigt att undvika potentiella riskzoner för översvämningar i landskapet. För de befintliga områdena kommer den ökade nederbörden att skapa överbelastning på stadens ledningssystem vilket bland annat leder till översvämning. Deak Sjöman fortsätter skriva att ett ledande land inom genomsläppliga beläggningar idag är Storbritannien. Där finns det en lagstiftning som gör att villaägarna måste söka bygglov för att anlägga ogenomsläpplig markbeläggning på tomten och för nybyggnationer måste de söka planeringstillstånd. Sverige har inte ännu en likande lag som Storbritannien men kommunerna har idag möjlighet att påverka villaägares val av markmaterial genom att erbjuda skatterabatt om villaägaren kan uppvisa att de tar hand om dagvatten och uppehåller vattnet inom tomtgränsen genom olika dagvattenlösningar.

## Frågeställning.

Huvudfrågeställningen är följande:

- Är det möjligt att anlägga gräsarmering på 30 km/h-vägar ur ekonomisk och framkomlighetsmässig syn?

Samt delfrågor:

- Vilken typ av överbyggnad ska användas för att få bästa effekt vid användning av gräsarmering?
- Finns det i dag föreskrifter/lagar om villatomtens hantering av dagvatten, får dagvatten ledas till gatans brunnar?

## Syfte/mål

Syftet med denna studie är att skapa förståelse och möjlighet för dagvattenhantering i våra villaområden och undersöka om olika lösningar med gräsarmering kan vara en av många möjliga lösningar. Syftet är även att belysa olika typer av gräsarmeringar som kan kontrollera och fördröja vattenmängden till våra dagvattenbrunnar och recipienter.

Målet är att med hjälp av litteratur svara på frågeställningarna och belysa de framtida problemen med hög andel hårdgjorda ytor på tomter i villaområden såsom översvämningsrisker som troligen kommer att bli större i framtiden. Målet är även att skapa kännedom om gräsarmering som är en av alla möjliga lösningar för att avlasta avloppsledningarna.

## Avgränsningar

Arbetet kommer att fokusera på gator i villaområden med en hastighetsgräns på 30 km/h.

Det kommer endast att beskrivas kort om de olika anläggningarna inom *lokalt omhändertagande av dagvatten* (LOD) och inom genomsläppliga beläggningar kommer uteslutande gräsarmeringar att beskrivas närmare och studien riktas mot just gräsarmering.

## Metod och material

Studien har genomförts genom kunskapssökande inom litteratur för att kunna besvara frågeställningen. Litteraturen har sökts i databaser och olika bibliotek. Informationen har hämtats från böcker, olika artiklar, internetsidor från företag och statliga förvaltningar. I studien har en viss mailkontakt med större företag inom stenindustrin samt trafikverket för information om antalet km av 30 km/h vägar i Sverige gjorts. En del litteratur blev erhållen genom Kent Fridell, extern föreläsare på SLUs kurs Utformning av vattenmiljöer.

Nyckelord som har använts för att söka fakta i databaser, via bibliotek och internetsidor har varit följande: dagvatten, gräsarmering, hållbar dagvattenhantering, gräsmunk, avlopp. Stormwater (management).

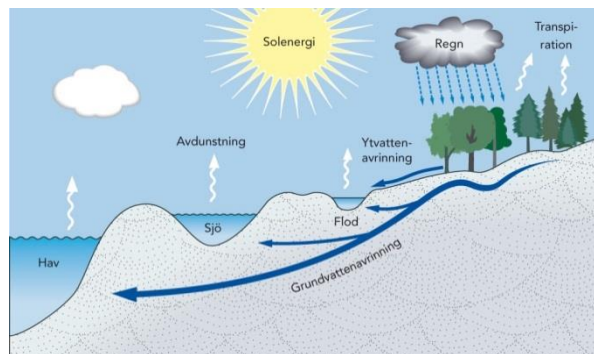


## Litteraturstudie

### Dagvatten, vad betyder det?

#### Hydrologiska kretsloppet

Allt vattnet i världen är ständigt i rörelse i ett kretslopp som drivs av solenergi (Lidström, 2012). SMHI (2012) skriver att när solen värmer upp barmark eller vattnet i sjöar, vattendrag och hav uppstår det vattenånga eller *evaporation* från ytor och *transpiration* från växters klyvöppningar. De två processerna samlas vanligtvis inom termen *evapotranspiration* och kallas avdunstning. SMHI menar att avdunstningen ökar ju mer tillgängligt vatten det finns i marken och sjöar med mera. Vattenången stiger upp till atmosfären där den sedan kyls ner, kondenserar, blir tyngre och faller tillbaka till markytan. En del av nederbörden når inte marken utan fastnar på olika föremål såsom vegetation och avdunstar till viss del direkt vilket kallas *interception*. Enligt Lidström (2012) kan ett exempel ses enligt Figur 1 där man kan följa förloppet av dagvattnets väg genom det hydrologiska kretsloppet.



Figur 1 Det hydrologiska kretsloppet. Källa *Vårt vatten – grundläggande läroboken i vatten och avloppsteknik* (2012)

Lidström (2012) skriver att vattnet därefter börjar transporteras med hjälp av avrinning och infiltration tillbaka till vattendrag, vidare till sjöar och slutligen till havet, vilket kan ta upp till 1000 tals år.

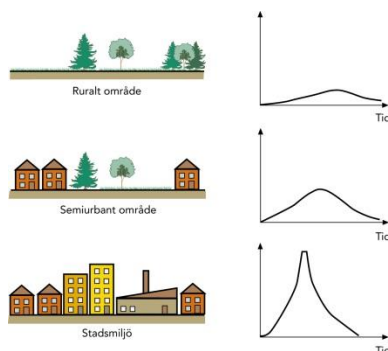
Avrinningen kan ske antingen som markavrinning, när marken blir mättad, eller som grundvattenavrinning, transport i grundvattenströmmen. Enligt Lidström har Sverige en genomsnittlig nederbörd på 720 mm/år och en avdunstning på 330 mm/år. De genomsnittliga värdena är mycket olika beroende på var man befinner sig i Sverige. Detsamma gäller avrinning då den styrs av ytbeskaffenhet och regnintensitet för olika områden.

Enligt SMHI (2012) är infiltrationskapaciteten olika beroende på jordens struktur och kornstorlek, exempelvis har en sandjord högre infiltrationsförmåga än en lerjord, vilket beror på att porutrymmena mellan kornen är större hos en sandjord än en lerjord. När vattnet sedan fortsätter att röra sig ner mot grundvattnet kallas det perkolations. Den första zonen vattnet rör sig förbi, där vattnet tas upp av bland annat rötter, kallas för den omättade zonen. Resterande resan neråt mot grundvattnet fungerar markprofilen i bästa fall som ett reningsverk för vattnet. Den mättade zonen, menas att alla porerna är fyllda med vatten, är där grundvattnet är och kallas ofta *grundvattenmagasin*. Grundvattnet strömmar nedåt parallellt med terrängen till utströmningsområden i vattendrag och slutligen till havet där solenergin fortsätter att skapa rörelse och kretsloppet är slutet.

#### Stadens kretslopp – ett rubbat kretslopp

Lidström (2012) menar att i staden är det naturliga hydrologiska kretsloppet rubbat genom att människan har skapat en extra färdväg inom kretsloppet. Den största skillnaden mellan det skapade och det naturliga kretsloppet är den höga reningsgrad som vattnet renas genom det skapade kretsloppet reningsverk, gäller då främst spillvatten. En annan skillnad skriver Lidström är att ytavrinningen i en urban miljö är större än i naturen som kan ses enligt Figur 2. Det beror enligt Lidström på att den urbana miljön har högre andel hårdgjord yta, vilket bidrar till att dagvattnet avrinner direkt ner till VA-ledningsnäten genom dagvattenbrunnar som leder vidare till recipienten. Den accelererande processen

av ytavrinningen bidrar till att den naturliga reningsprocessen av dagvattnet blir minimal och infiltrationen till marken uteblir, detta kan bland annat leda till grundvattensänkningar. Grundvattensänkningar menar Larm (1994) är att det påverkar grundvattnets basflöde till vattendrag. Vattenmängden till vattendragen kommer att minska successivt och kommer att bli skadligt för växlighet och djurliv. Resultatet blir vid grundvattensänkningar att mängden tillgängligt vatten begränsas kraftigt, både i staden och för landskapets vattendrag, vilket medför att växlighet och djurlivet har svårare att få tillräckligt med vatten för överlevnad. Larm skriver även att bristen på växtlighet i städerna ökar ytavrinningen mot dagvattenbrunnarna och processen interception uteblir. Växter har en bromsande effekt på vattnets avrinning och det samma gäller infiltration, men allt i staden går fort och önskemålet är att vattnet snabbt ska försvinna från gator.



Figur 2 Ytavrinningen inom tre olika områden över en viss tid. Källa *Vårt vatten – grundläggande läroboken i vatten och avloppsteknik* (Lidström, 2012)

## Dagvatten

Larm (1994) förklarar att dagvatten är ytavrinnande vatten från regn- och smältvatten från taktäckta ytor, gator, gårdar och tomter. Förr betraktades inte dagvatten som förorenat, det har visats att det kan förekomma höga halter av förorenade ämnen såsom tungmetaller i vattnet. Vilka ämnen man finner i vattnet är lite beroende på vilken typ av yta det avrinner ifrån exempelvis från villaområden eller tungt trafikerade vägar. De generella värdena på dagvatteninnehållet ska användas med varsamhet och ses som schablonvärden. Dagvattnet från villaområden innehåller mindre halter av föroreningar COD, Zink, SS än de centrala urbaniserade ytorna. Föroreningsinnehållet i dagvattnet kan reduceras genom att använda sig av tekniska lösningar för att rena vattnet innan det når recipienten och minska påverkan på *eutrofiering* (övergödning) och hälsovådliga effekter på djur- och växtliv (Larm). Se Tabell 1

Tabell 1 Dagvattnets sammansättning sammanställd efter Larm (1994)

Bostäder - villaområden	Medel [mg/l]	Trafikytor (vägar/gator)	Medel [mg/l]
<b>COD</b> <sup>1</sup>	70	<b>COD</b>	160
<b>Tot-N</b> <sup>2</sup>	1.8	<b>Tot-N</b>	2
<b>Tot-P</b> <sup>3</sup>	0.3	<b>Tot-P</b>	0.3
<b>Bly</b>	0.1	<b>Bly</b>	0.25
<b>Zink</b>	0.2	<b>Zink</b>	0.3
<b>Koppar</b>	0.05	<b>Koppar</b>	0.07

<sup>1</sup> COD – kemisk syreförbrukning, mått på icke nerbrutet material, organiska och oorganiska ämnes syreförbrukning vid oxidation.

<sup>2</sup> Tot-N – Totalkväve

<sup>3</sup> Tot-P - Totalfosfor

Enligt tabell 1 av Larm (1994) visar de medelvärdet för dagvatteninnehåll inom villaområden och trafikytorna i området. Villaområden har mindre halt förorenande ämnen än andra urbana miljöer skriver Larm och fortsätter med att halterna näringsämnen såsom fosfor och kväve är lika höga som vid andra mer urbana miljöer. Dagvatten från generella trafikytor har ofta ett högre värde skriver Larm och fortsätter skriva att trafikytor oftast betraktas som mer förorenade. Enligt Larm kommer större andelen föroreningarna vid trafikytor från avgaser exempelvis bly och däck exempelvis tungmetaller.

Spillvatten skriver Lidström (2012) är vatten som har gått vägen genom hushållens toaletter, tvätt, bad, diskmaskiner och kallas ofta avloppsvatten och istället för att ledas direkt ut till recipienten ska avloppsvattnet ledas till reningsverk som är en del av Sveriges miljöverksamheter. Anledningen till att avloppsvattnet, som kan delas in i *gråvatten* (bad, disk och tvätt) och *svartvatten* (toaletter), leds till reningsverken är bland annat på grund av de höga halter av fosfor, kväve och organiskt material som kan ställa till problem i recipienten och då i första hand våra hav och sjöar.

I publikationen *Hållbar dag- och dränvattenhantering* (Svenskt vatten AB 2011) skrivs det att det är lämpligt för kommunerna att klassificera dagvattnets påverkan och föroreningsgrad för skapandet av ett planeringsunderlag. Ett avgränsat planeringsunderlag kan se ut enligt tabell 2.

**Tabell 2 Tolkning av ett planeringsunderlag för klassificering av reningsbehov av dagvatten i olika områden. Från Svenskt Vatten AB (2011)**

<b>Dagvattenklassificering om reningsbehov</b>			
<b>Markanvändning</b>	Föroreningshalter	Reningsbehov	
		JA	NEJ
<b>Ytterstaden</b>			
Småhusområden inkl. lokal gator	Lågt		X
Bostadsområden (flerfamiljshus) inkl. lokal gator	Lågt -Måttligt	X	X
<b>Allmän mark</b>			
Lokalgator < 8000 fordon/dygn	Lågt		X
Vägar med 8000–15000 fordon/dygn	Måttligt – lågt		X

### Hur dagvattnet påverkas genom klimatförändringen

Enligt Bäckström & Viklander (2008) kommer framtidens klimatförändringar att inverka på ökad nederbördsmängd, exempelvis genom fler intensivare kortvariga regn eller längre regnperioder där risken för översvämningar samt bräddning av vattendrag ökar. Bäckström & Viklander fortsätter med att det beror på att avloppssystemen inte är dimensionerade för den regnmängd som kommer att behövas avledas.

SMHI (2009) skriver att den framtida årsnederbörden i Sverige kommer att inträffa oftare med korta intensiva regn med högre regnmängden under perioderna höst, vinter och vår. Den del av nederbörden som faller på sommaren skriver SMHI blir oförändrad och sällan kommer större regnmängder att förekomma.

Ökade dränvattenflöden fortsätter Bäckström & Viklander (2008) kommer att bli ett problem vid ökade nederbördsmängder och det kan bli negativa konsekvenser vid förhöjd belastning på dräneringssystem då det kan leda till fler källaröversvämningar eller ökad belastning på avloppssystemen. Bäckström & Viklander fortsätter skriva att klimatförändringen även kommer att påverka recipienten till exempel kommer vattendrag att få större vattenmängder att hantera. Det kan även resultera i skriver Bäckström & Viklander att flödet mot recipienterna ökar vilket kan leda till att

brädd- och nödavlopp släpper ut vatten utan rening samt att det sker översvämningar i närliggande villaområden.

Förståelsen för klimatförändringens effekter har ökat hos allmänheten under de senaste åren menar Bäckström & Viklander (2008). Även hos kommunerna har förståelsen ökat för hur viktig dagvattenhanteringen i städerna är idag och för framtiden. Behovet av en klimatanpassad hållbar dagvattenhantering är stor idag menar Bäckström & Viklander (2008) och att alla parter som är involverade i stadsplaneringen samarbetar för att klara de utmaningar som klimatförändringarna medför.

### Dagvatten i kallt klimat

I rapporten *Alternativa dagvattenhanteringar i kallt klimat* skriver Bäckström & Viklander (2008) att i länder med kallt klimat likt Sverige så ändras det hydrologiska kretsloppet då nederbörden växlar mellan regn och snö. Vid regn avrinner vattnet fort men snö ackumuleras en längre tidsperiod för att sedan smälta och avrinna vid varmare temperaturer. Bäckström & Viklander fortsätter skriva att en regndroppe faller snabbare än en snöflinga samt att snöflingan är större till ytan och har möjligheten att samla fler föroreningar innan den når marken. Föroreningshalten beror även på hur länge den får ligga på platsen och var den ligger till exempel i en park eller vid en tungt trafikerad väg.

Bäckström & Viklander (2008) skriver att avrinningen är större på vintern än på sommarhalvåret då marken är frusen under vinterhalvåret och infiltrationskapaciteten är minimal. En annan skillnad på snö och regn menar Bäckström & Viklander är att snö förflyttas bort genom transporter eller deponering. Även föroreningshalterna ökar under vinterhalvåret på grund av kallstartning av bilar, ökad uppvärmning av hus med mera.

Under vinterhalvåret ökar risken att dagvattenlösningar sätts igen av is och kapaciteten minskar kraftigt. Bäckström & Viklander (2008) menar att genomsläppliga beläggningar och perkulationsmagasin fungerar rimligt under vinterhalvåret då anläggningarna har visat sig vara mer motståndskraftiga mot tjälskador jämfört med tät asfalt och dagvattenbrunnar. För att vara säkra på att en anläggning ska bli frostfri i kallare områden menar Bäckström & Viklander bör det anläggas ett dräneringsrör i botten på konstruktionen.

Fortsättningsvis i rapporten skriver Bäckström & Viklander (2008) att tusentals ton salt och sand läggs ut på vägarna varje år och större delen av smältvattnet avrinner till avloppssystem eller till dagvattenanläggningar i området utan att bli renat. Simonsen (2011) skriver att användningen av vägsalt bör minska eftersom effekterna av saltet inte riktigt är testad samt om smältvattnet får perkolera genom underbyggnaden ner till grundvattnet blir det en mindre koncentrerad mängd än om det får avrinna genom dagvattenledningar direkt till recipienten. Simonsen anser att sand till halkbekämpning bör vara i fraktionerna 2-5 mm för att förhindra att beläggningen sätts igen vilket bidrar till minskad infiltrationsförmåga.

### Kort om planprocessens viktigaste delar

För en lyckad planering av dagvattenhantering anser Svenskt Vatten AB (2011) att samverkan mellan alla aktörer är det viktigaste. De fortsätter med att påpeka att en kommuns dagvattenstrategi är en god väg att börja med planeringen av dagvatten och hur kommunen vill uppnå mål med dagvattnet. Dagvattenhantering har länge behandlats som ett kapacitetsproblem menar Stahre (2004) och måste behandlas redan i planeringsskedet av den urbana staden. Det krävs att alla förvaltningar i kommunen samspråkar och samverkar vid planering av dagvattenhantering, då det är en komplex och tidskrävande process att planera för långsiktiga dagvattenlösningar jämfört med att bestämma hur ledningar ska dras. Anledningen till att det är en tidskrävande process beror på de många olika aspekter som ska granskas och beaktas innan beslut kan tas. Stahre skriver vidare att det finns en skillnad mellan en stor och en liten kommun på grund av att i en liten kommun är det stora förvaltningar som ofta innehåller båda parter i en planeringsprocess, vilket underlättar samverkan till skillnad från en stor kommun där förvaltningarna har sina egna avdelningar och samverkan är låg emellan förvaltningarna.



Figur 3 Översiktlig bild över planeringsprocessens olika delmoment.

Planeringsförloppet kan se ut som i Figur 3 och Svenskt Vatten AB (2011) skriver att planeringsprocessen måste komma igång innan planprocessen börjar för det tänka området. Ett bra tillfälle att reda ut frågor mellan de olika förvaltningarna och skapa en hög kvalitet på dagvattenhantering. Till översiktsplanen ska de lokala förhållandena i området undersökas bland annat översvämningsrisk, höjddatabas, klimatförändringar och principer för utbredningen av den urbana miljön och vad den ska innehålla. I översiktsplanen skriver Svenskt Vatten AB vidare att det är viktigt att tänka på att låga partier markeras för framtida dagvattenfördröjning, att markera övergripande grönstråk som ska behandla dagvatten och bevara kärr samt våtmarker som framtida recipienter. Om det behöver göras grundliga och breda undersökningar av omgivningen runt området leder det vidare till fördjupad översiktsplan (FÖP). Det är viktigt fortsätter Svenskt Vatten AB att tänka på att placera bebyggelse så den inte översvämmas vid extremt regnväder, att reservera områden för grönområden och andra dagvattenlösningar, göra en grundläggande höjdsättning över området för att minska risken för översvämning vid kraftiga regn.

Nästa steg skriver Stahre (2004) är detaljplanen där man går in på en detaljnivå för att bestämma hur den nya urbana miljön ska utformas. Det är i detaljplanen kommunen kan reglera krav på användandet av lokalt omhändertagande av dagvatten på privat mark, måste även skrivas in i exploateringsavtalet (inblandade parters förpliktelser). Svenskt Vatten AB (2011) anser att det är viktigt att skapa en mer detaljerad höjdsättning för att hindra översvämning mot anläggningar och bebyggelse, undersöka behovet av rening och fördröjning av dagvatten inom området, framföra vilka områden som är reserverade för dagvattenhantering med olika lösningar och förtydliga var ansvaret ligger för de olika anläggningarna.

### Lokalt omhändertagande av dagvattensystem - LOD

Stahre (2004) skriver att ansvaret för dagvatten har länge enbart varit kommunernas VA-avdelningars områden. Den vanliga lösningen, som ofta kallas "ingenjörsmässig", skriver Stahre är att öka dimensioneringen på ledningssystemen för att öka transportförmågan. Tidigare började man byta ut kombinerande system till duplikatsystem för att bidra till ökad rening av avloppsvattnet. Stahre skriver att förnya ledningssystem är kostsamt fast att både dimensionera om storleken på systemen och att *bygga om* till duplikatsystem innebär en ännu mer kostnadskrävande ombyggnad. Kommunerna har därför sökt efter andra lösningar som inte är lika kostsamma och som kan användas som ett alternativ till att *bygga om* ledningssystemen. Att försöka bromsa upp vattnet och minska påfrestningarna på ledningarna vid kraftiga regn genom fördröjning av dagvatten. Lösningen kallas *lokalt omhändertagande av dagvatten* (LOD) och brukar även gå under namnet *hållbar dag - dränvattenhantering* (HDD). Stahre fortsätter att skriva att man inte bör välja antingen eller av de två olika lösningarna (LOD och ökning av ledningssystem kapacitet) då det inte råder motsatsförhållanden mellan de två olika systemen utan de kompletterar varandra.

Enligt Simonsen (2011) har sedan 1900-talet urbaniseringen och ökningen av de hårdgjorda ytorna i vårt samhälle resulterat i att det naturliga hydrologiska kretsloppet har störts och kan inte fungera normalt inom den urbana miljön. Simonsen skriver att i takt med utvecklingen av urbanisering ökade andelen hårdgjorda ytor i städerna, samtidigt minskade den naturliga infiltrationen till marken, och flödena ökade till åar och floder genom ytavrinningen från de hårdgjorda ytorna till dagvattensystemen.

Svenskt Vatten AB (2011) skriver att det idag finns ett ökat intresse för olika LOD-system i våra städer och ofta används olika system tillsammans för bästa effekt. Det har varit en lång väg dit för LOD-tekniken. Svenskt Vatten AB fortsätter skriva att de första försöken skedde under 70-talet och syftet var då att upprätthålla geologiskt ostabila marker och allmänt arbeta med dagvattenfördröjning. Det uppkom många olika tekniska system som prövades och de fick skiftande framgång, vilket

resulterade att LOD-tekniken fick dåligt rykte. Svenskt Vatten AB menar att allt troligen beror på att tekniken misstolkats. Svenskt Vatten AB skriver att LOD är en förkortning av *Lokalt omhändertagande av dagvatten* och att många trodde det räckte att ta hand om vattnet lokalt och inte i större sammanhang, som hela områden. Det som skedde var att systemen fylldes med vatten som blev stående under längre tid, vilket skapade problem vid ytterligare kraftiga regn och resulterade ofta i översvämningar. Idag skriver Svenskt Vatten AB är det mer att LOD-tekniken ska efterlikna det naturliga kretsloppet innan platsen blev bebyggd. Systemen ska fungera genom att fördröja dagvattenavrinningen med hänsyn till de geologiska förutsättningarna beroende på områdets jordart. De geologiska förutsättningarna är viktiga att tänka på vid infiltrationen av vattnet till marken.

I skriften *Lokalt omhändertagande av dagvatten* skriver Svenska vatten- och avloppsföreningen (1983) att det finns många fördelar med de olika LOD-systemen och även att en del problem kan uppstå. Det positiva är bland annat mindre belastning på befintliga rörsystem samt minskad kostnad vid förnyelse, bibehållen grundvattennivå och minskade sättningar i geologiskt osäkra områden samt minskad risk för källaröversvämningar. De problem som kan uppstå är bland annat infiltration av förorenat vatten till grundvattnet, berörd teknisk personal saknar kompetens om driften (skötseln) av systemet och de igensätts, grundvattennivån höjs och kan öka risken för skred i känsliga geologiska områden.

### Kort om de olika kategorierna av dagvattenlösningar

Det som kännetecknar öppna dagvattenlösningar är att det är en synlig vattenyta istället för rörledning där vattnet är dolt (Svenskt Vatten AB, 2011). Hållbar dag- och dränvattenhantering (HDD) kan delas in i fyra kategorier, lokalt omhändertagande, fördröjning nära källan, trög avledning och samlad fördröjning (Stahre, 2004).

Enligt Stahre (2004) har kategorin *lokalt omhändertagande* erhållit en snävare innebörd än tidigare och behandlar främst dagvatten på privat mark där utseende, skötsel och funktion styrs av fastighetsägaren, likt privat omhändertagande.

Även om minskningen av dagvattenavrinningen från varje enskild tomt kanske inte är så stor, blir den sammantagna effekten av ett konsekvent utnyttjande av lokalt omhändertagande högst väsentligt. Man bör alltså inte försumma möjligheterna att ställa krav på lokalt omhändertagande av dagvatten inom nya bebyggelseområden. Även inom befintliga områden har lokalt omhändertagande av dagvatten visat sig vara ett effektivt sätt att minska belastningen på det allmänna dagvattensystemet. (Stahre 2004, s23)

Svenskt Vatten AB (2011) ger exempel på olika lösningar till lokalt omhändertagande såsom, gröna tak, genomsläppliga beläggningar, uppsamling av takvatten, infiltration av gräsyta eller grus, perkolation och dammar.

Kategorin för dagvattenhantering inom gränsen till den privata marken kallas för *fördröjning nära källan* och är ett kommunalt ansvarsområde som ingår i det allmänna VA-systemet (Stahre, 2004). Kategorin omfattar att fördröja eller infiltrera i olika typer av lösningar såsom genomsläppliga beläggningar, infiltration på gräs- och grusytor, tillfällig uppdämning i anlagt område, diken, dammar och våtmarker (Svenskt Vatten AB, 2011). Med kategorin *trög avledning* menas olika lösningar som avses att långsamt leda dagvattnet framåt på kommunal mark och vattnet är oftast synligt genom öppna system såsom svackdiken, kanaler, bäckar och diken (Stahre, 2004). Med kategorin *samlad fördröjning* menas olika lösningar som ska samla och fördröja vattnet innan det når recipienten, såsom dammar och våtmarker (Svenskt Vatten AB, 2011).

### Hållbar dag- och dränvattenhanteringssystem (HDD – system)

*Gröna tak* – Enligt Lidström (2012) är gröna tak ett fördröjningsmagasin som bromsar upp avrinningen från tak och idén är att byta takplattorna mot en vegetationsbädd som även tar upp en del av nederbörden. Vegetationen som används på gröna tak kan vara blandningar av arten *Sedum* och mossor men kan även vara mer intensiv vegetation som blomsterängar och gräs. Lidström fortsätter skriva att vegetationsbädden anläggs normalt ovanpå takkonstruktionens asfaltplattor och att

vegetationsbädden skapar ett visst skydd och isolerande effekt mot pappan. Själva växtbäddens djup är beroende på taklutningen samt den vikt taket är konstruerat för. Ett tunt grönt tak med en tjocklek runt 3-4 cm ger en vattenmättad vikt på 40-60 kg/m<sup>2</sup> jämfört mot en betongstens ca 50 kg/m<sup>2</sup>.

*Infiltrationsgrönytor* – Är ett sätt menar Lidström (2012) att avbryta dagvattnets transport från tak och stuprör till det kommunala dagvattensystemet och istället låta det ledas från stuprören till gräsytor där dagvattnet kan infiltrera. Vegetationsytan har god förmåga att infiltrera vatten och den största upptagningen av vattnet sker om gräsytan är väletablerad. Lidström fortsätter skriva om att det finns risker när gräsytan blir vattenmättad och det gäller då att hindra överskottsvattnet från att rinna mot husfasaden eller avrinna mot granntomten. Problemet med överskottsvattnet kan lösas genom ett uppsamlade och dränerande jordlager vid tomgränsen (Svenskt Vatten AB, 2011).

*Infiltration i stenfyllningar (perkolation)* - Stenfyllningsmagasin är enligt Stahre (2004) ett magasin som består av fyllningsmassor av grövre material, till exempel makadam eller singel, och kallas ofta stenkista eller perkulationsmagasin. I magasinet skriver Stahre att det finns en stor del porvolym som bildats av fyllningsmassorna. Vid regn fylls med vatten som sedan transporteras ut i marklagren eller till grundvattnet. Stahre fortsätter skriva att grundvattennivån måste vara lägre än botten på magasinet för att kunna vattnet ska kunna infiltreras genom till terrassen. Vilken typ av jordart terrassen och jorden består av påverkar infiltrationskapaciteten, exempelvis vid högre halt finkornig jord är det svårare för vattnet att infiltrera till olika marklager.

Enligt Stahre (2004) finns det en problematik med stenfyllningsmagasin då porvolymens hålrum kan sättas igen av att omkringliggande jordmaterial transporteras med vattnet och ackumuleras i fyllningsmassorna vilket kortar ner livslängden på magasinet. En lösning anser Stahre kan vara att använda sig av fiberduk för att skydda mot att finkornig jord ackumuleras i magasinet.

*Uppsamling vid stuprör* – Detta kan ske med hjälp av att ställa en dagvattentunna under utkastaren som lagrar vattnet vilket man kan utnyttja genom att vattna med på tomten. Det finns många olika former och varianter av dagvattentunna eller regnvattentunna (Värmdö kommun, 2013).

*Svackdiken, kanaler och bäckar/diken* – Samlas under namnet trög avledning enligt Svenskt Vatten AB (2011). Om det skulle bildas överskottsvatten från de olika tröga avledningssystemen kan det styras att svämma över på en närliggande gräsyta menar Lidström (2012) eller att det leds vidare genom en kupolbrunn vid kraftig överstigande vattennivå. Smala avvattningsstråk fortsätter Svenskt Vatten AB (2011) används ofta mellan hus, i gräsmattor eller med avvattningsstråk som bidrar till en ökad grundvattenbildning samt ökad reningen av dagvattnet. Svackdiken är enligt Svenskt Vatten AB ett grunt brett dike med svacka slänter. Med lämplig växlighet kan svackdiken ta emot relativt mycket avrinningsvatten trots det grunda djupet. Till följd av den bredd som är lämplig för svackdiken måste det reserveras mycket markyta för dem i översikts- och detaljplanerna vid nya exploaterade områden.

Om området redan har befintliga diken eller bäckar bör dessa utnyttjas vid nybyggnation menar Lidström (2012) det blir grönstråk för området samt bidrar med omhändertagande av områdets dagvatten. Om diket tillhör ett dikesföretag måste speciella tillstånd sökas för användning av diken vid dagvattenhantering.

*Dammar, våtmarksområden, sjöar* – eller samlad fördröjning är en omtyckt samt bra lösning att fördröja dagvattnet som passar in i park- eller rekreationsområden (Svenskt Vatten AB, 2011). Enligt Lidström (2012) är de en vanlig lösning av dagvattenproblemet med öppna dagvattendammar, det gäller att få god cirkulation och hålla temperaturen nere i dammen då det annars kan bildas alger. Att använda trädvegetation vid kanten av dammen bidrar till minskad temperatur i vattnet och uppkomsten av alger blir mindre.

*Genomsläppliga beläggningar* – behandlas under rubriken Genomsläppliga beläggningar.

### Positiva värden

Stahre (2004) skriver att det finns olika värden med öppen dagvattenhantering i den urbana miljön, med rätt anläggning på rätt plats kan det berika staden och höjer då kännedomen och kunskapen om dagvattenlösningar. Det är viktigt att dessa värden blir bidrag till den integrerade planeringen och att

man fångar upp krav från myndigheter, boende och övriga intressenter. Värdena bidrar med olika mervärden som gynnar fler än kommunernas förvaltningar och stadens invånare.

*Tekniskt värde* innebär enligt Stahre (2004) för kommunens tekniska förvaltning att de har en dagvattenlösning med hög kvalitet som kan säkra rörledningar mot kritiska uppdämningar genom uppsamling eller fördröjande av vatten vid kraftiga regn. Även parkförvaltningen får ett mervärde av olika former av synligt vatten i parkmiljön och gatukontoret kan få bättre avrinning från vägarna med en grön buffertzona som fördröjer vattnet. De olika förvaltningarna kan få *ekonomiskt värde* vilket innebär den syn som kommunernas förvaltningar har på de ekonomiska fördelarna med olika typer av dagvattenlösningar. Att dela kostnaderna för de olika lösningarna kan vara en gynnsam situation för båda parter. Park- och VA-förvaltningen kan utnyttja varandra genom att använda öppna dagvattenanläggningar som kan inrättas i parker och bidra till rening av vattnet och fördröjning av flödet till rörledningar. Enligt Stahre borde exempelvis VA-förvaltningen stå för en del av kostnaderna vid anläggningen av dagvattenlösningar i parker eller andra grönutrymmen som avlastar dagvattenledningarna och att parkförvaltningen står för skötsel av dagvattenanläggningen. Det är även mer ekonomiskt för gatukontoret att anlägga gröna buffertzoner än att gräva ner avloppsledningar längs vägen.

*Miljövärde* innebär enligt Stahre (2004) att dagvattensystem kan minska föroreningsbelastningen genom att dagvattnet går igenom förslagsvis en öppen dagvattenanläggning och genom sedimentation eller upptag av växter minskar föroreningarna. Gatukontoret kan använda anläggningen för att uppfylla de krav myndigheterna ställer för hårt belastade trafikytor och minska föroreningen av trafikdagvattnet. Ett annat viktigt värde som påverkar dagvattenanläggningen är det *estetiska värdet* vilket innebär hur kommuninvånarna upplever dagvattenlösningen. Nämligen om den är tilltalande eller anskrämlig och värderas subjektivt av kommunens förvaltningar. Att framhäva *biologiska, ekologiska värden* innebär mervärden för växlighet och djurliv. Vid hårt exploaterade områden är dessa två värden högt uppskattade då de bidrar till ökad mångfald och gröna zoner i staden. Vidare påpekar Stahre att arbeta med de *kulturella och historiska värdena* innebär att kommunens förvaltningar försöker återskapa det som en gång var. Det kan till exempel vara ett gammalt vattendrag som har försvunnit med utbyggandet av den urbana staden. Det är idag stort symbolvärde för kommunerna att hålla kvar det historiska som även kan ge ett ökat *PR-värde* till kommunen. Användningen av dagvattenlösningar ger kommunen ökad publicitet och visar att de har ambitionen att vara en miljökommun.

## Avloppssystem

### Historia

Enligt Bjur (1982) kom de första underjordiska avloppsledningarna till Sverige under 1860-talet, i kombination med nya lagstiftningar, kommunallagar som möjliggjorde samordning blev det allmänt ordnad tekniskt försörjning. När industrialiseringen fick fart blev det dessvärre trångt i våra städer och det rådde ofta bostadstadsbrist. Enligt Lidström (2012) bestod VA-systemet främst av ett fåtal brunnar och systemet pumpade vatten från floder och åar. Latrinens innehåll kastades ofta direkt ut på gatan om inte det fanns samlingskärl på innergården. Vid regn fördes gatans innehåll genom diken och rännstenar som i värsta fall mynnade ut i ån där vattnets pumpades till stadens brunnar. Enligt Bjur (1982) växte de hygieniska problemen och de hygieniska förhållandena hos befolkningen var undermåliga och epidemier spreds sig, bland annat kolera. Under 1900-talet blev det en förbättring av de hygieniska förhållandena troligen för att de nya lagarna från 1860-talet om avfall och avloppsledningar började ge resultat. Vid 1905 hade 80 av våra då 88 städer avloppsledningar.

På 1950-talet anlades enbart gemensamma rörsystem för både spillvatten och dagvatten, så kallade kombinerade system, för att spara utrymme och kostnader. Redan under 1960-talet anlades nästan enbart skilda ledningar så kallat duplikatsystem (Stahre, 2004). År 1962 kom de färdiga förslagen om olika avloppsanläggningar, slamavskiljare, jäskammare och markbäddar, vilka blev grunden till reningsverk som används idag (Bjur, 1982). Idag när vi anlägger nya rörsystem i marken inräknas det ett påslag för förändring av klimatet, tidigare dimensionerades rörsystemen i antagandet att klimatet



skulle vara oförändrat, vilket idag ställer till problem vid högre flödestoppar då systemen inte klarar vattenmängderna (Simonsen, 2011).

### De olika avloppssystemen

Larm (1994) skriver att två olika ledningssystem används idag för att leda dagvatten och spillvatten. Dessa är kombinerade system och duplikatsystem som Larm beskriver nedan.

*Kombinerade system*, där spillvattnet och dagvattnet är i samma ledning återfinns i gamla delar av staden. Larm (1994) skriver vidare att ledningssystemet har negativa kvalitéer på grund av att det blandar både dag- och spillvatten i ett rörsystem. När det blir kraftig nederbörd överskrider ofta kapaciteten och rörledningen bräddas och obehandlat vatten når recipienten. Det kan även ställa till problem i reningsverket och överbelasta systemet vid kraftiga regnperioder och reningseffekten minskar och vattnet släpps ut obehandlat.

*Duplikat system*, är det system vi använder idag och har används sedan 1960-talet. Enligt Larm (1994) är de duplikat system för dagvattnet inte helt bra, även om det blivit bättre än de kombinerande systemen, på grund av att det inte kan rena vattnet likt den naturliga reningsprocessen och vattnet får en hög hastighet mot recipienten. Ett annat problem med duplikatledningar för dagvattnet och spillvattnet, som är åtskilda, är att det finns svårigheter att undvika korsförbindelser mellan de två rören och det bidrar till att dagvattnet blir förorenat med spillvatten som då leds vidare till recipienten. Larm skriver att dagvattnet också kan öka vattenmängden till reningsverken och det uppstår likande problem som med kombinerande system.

Lidström (2012) lyfter fram *dräneringssystemen* som finns runt husgrunder för att skydda anläggningen/huset från fuktskador eller översvämningar. Dräneringen kan fungera genom ett nedgrävt rörsystem runt huset som innebär avvattning av marken runt om rörsystemet som är kopplat till gatans ledningssystem. Det kan också innebära avvattning genom dike eller dräneringslager av grovt material. En sak man ska tänka på vid anläggning av dräneringssystem anser Lidström är att det i största möjliga mån ska bevaras den naturliga grundvattennivån så att det inte blir störningar för växligheten i närheten av dräneringen.

### Vad säger lagen om dagvattenhantering i städerna?

Törneke (2009) skriver att lagen (1970:244) om allmänna vatten och avloppsanläggningar (VAL) har blivit inaktuell och blivit ersatt av lagen (2006:412) om allmänna vattentjänster (VTL) som trädde i kraft den 2007-01-01. En skillnad av betydelse är att kommunerna får ta ut avgifter av fastighetsägaren för dagvattnet inom området men kommunen kan inte kräva att ägaren exempelvis ska sänka flödet och öka reningsgraden av dagvattnet. Allmänna bestämmelser för vatten och avlopp (ABVA) är ett skrivet dokument där kommunerna kan hämta mer stöd för dagvattenplaneringen (Malmö stad, 2008).

Törneke (2009) skriver om skillnaderna mellan de två lagarna som har betydelse för kommunernas dagvattenhantering. Ett av förtydligandena som gjorts är angående huvudmannen på grund av att i både VAL och VTL har huvudmannen olika innebörder. Med den ändrade lagen (2006:412) om allmänna vattentjänster är det skapat ett förtydligande över vem som har ansvaret. I VAL (1970:244) är det den som *driver* anläggningen som är huvudman men nu är det enligt VTL (2006:412) den som *äger* anläggningen som är huvudman. Törneke fortsätter med ytterligare en ändring i lagen (1970:244) om allmänna vatten och avloppsanläggningar som har stor betydelse. Från att endast i VAL 2§ vara att huvudmannen (den som *driver* va-anläggningen) enbart tar hänsyn till hälsoskyddet och idag i VTL 6§ ska det tas hänsyn till både miljön och hälsoskyddet, vilket ger huvudmannen (*ägaren* till den allmänna va-anläggningen) ansvar att ta hand om förorenat vatten och att de måste tillgodose vattenförsörjning eller avlopp i ett större sammanhang. Törneke fortsätter med att poängtera att det nu även har blivit tydligare att för bortledning av vatten ska även rening av vattnet inräknas i avgiften.

## Dagvattenavgift

Enligt Deak Sjöman (2013) är Storbritannien ett ledande land inom hantering av dagvatten i villaområden. Det beror på att landet haft problematiska efterföljder beroende på en ökad anläggning av ogenomsläppliga beläggningar i villaområden. Simonsen (2011) skriver att i Storbritannien, till följd av de översvämningar som har drabbat landet på grund av den höga andelen hårdgjorda ytor från villatomternas framsidor, uppkom det en ny lag *Flood and Water Mangement Act*. Lagen innehåller föreskrifter om hur dräneringssystem ska dras i nyanlagda tomter och krav på att det blir godkänt av myndigheter samt gör att villaägarna måste söka bygglov för att anlägga ogenomsläpplig markbeläggning på tomten och nybyggnationer måste ansöka om planeringstillstånd för att göra detsamma. Interpave (2010) hänvisar genom bland annat CIRA - Construction Industry Research and Information Association, om vilka beläggningar som tillåts och godkänns och det kan bli nedslag på bygglovet om villaägaren väljer traditionell platsgjuten betong utan fogar eller beläggningar med tät fog.

I Sverige är Malmö i frontlinjen både nationellt och internationellt när det gäller kunskap och användande av dagvattenhantering. Med den nya lagen (2006:412) om allmänna vattentjänster fick kommunerna rätt att ta ut avgifter för dagvatten och har rätt att neka inkoppling till ledningsnätet om kommunens krav inte är uppfyllda (Malmö Stad, dagvattenstrategi, 2008). Växjö kommun (2012) som satsar på att bli Europas grönaste stad skriver att det som blev bakgrunden till dagvattentaxan kom genom ändringen 2007 av lagen (2006:412) allmänna vattentjänster. Vid ändringen av lagen delade kommunen på avgiften för spillvatten och vatten mellan de nya spillvatten, vatten, dagvatten, dagvatten fastighet och dagvatten gata. Dagvattenavgiften kan tomtägaren ansöka om att sänka genom användandet av lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD) exempelvis genom stuprörutkastare och infiltration av vattnet på grönyta utan att påverka grannfastigheten. Växjö kommun fortsätter med att deras dagvattensystem är hårt belastat och om vi endast dimensionerar upp storleken på rörsystemet skulle det förvisso lösa problemet men skulle kosta VA-abonenterna mer i avgift. För att lösa problemet med stadens dagvatten tänker kommunen få fastighetsägarna att avlasta dagvattnet från VA-nätet och ta hand om dagvattnet lokalt på tomten. Växjö kommun menar att det blir både bättre för miljön och att det är ett billigare sätt att ta hand om dagvattnet än att bygga om ledningarna.

## Handikappsanpassning

I Boverket författningssamling (2011a) BFS 2011:13 – HIN 2 står hur kommuner enkelt ska avhjälpa hinder i stadens olika rum. Boverket skriver i paragraf 12§ i BFS 2011:13 HIN 2 om allmänna råd för markbeläggningar i allmänna platser som ska följas av kommunerna.

12§ Fysiska hinder såsom mindre nivåskillnader, ojämn markbeläggning, svårforcerade rännalar och trottoarkanter ska avhjälpas.

### Allmänt råd

---

Ojämn markbeläggning som utgör hinder för personer i rullstol och med rollator att ta sig fram i gångytor bör bytas ut, exempelvis genom att ett stråk med jämnare markbeläggning fälls in.

---

Rännalar som utgör hinder för personer i rullstol och med rollator bör täckas över så att ytan blir jämn eller bytas ut mot t.ex. avrinningsgaller eller rännalar som utan svårighet kan passeras av personer i rullstol eller med rollator.

Enligt Boverket författningssamling (2011b) BFS 2011:5 - ALM 2 står det hur kommuner ska utforma allmänna råd om tillgänglighet i allmänna platser. Boverket skriver i paragraf 7§ i BFS 2011:5 ALM 2 om allmänna råd för gångytor i allmänna platser.

## Gångytor

7 § Gångytor ska utformas så att personer med nedsatt rörelse- eller orienteringsförmåga kan ta sig fram och så att personer med rullstol kan förflytta sig utan hjälp. Gångytor ska vara jämna, fasta och halkfria. På öppna ytor ska särskilda ledstråk finnas.

### Allmänt råd

Exempel på gångytor kan vara gångvägar, gångbanor, ramper, trappor och kommunikationsytor på lekplatser. Exempel på öppna ytor kan vara torg och parkeringsplatser. Gångytor bör utformas utan nivåskillnader. Asfalt, betongmarkplattor och släta stenhällar är exempel på lämpliga material. I naturmiljö kan stenmjöl som vattnats för att bli hårt vara ett lämpligt material. I grusytor kan fasta gångytor iordningställas genom ytbehandling.

---

När släta gångytor kombineras med ojämna gångytor som har en annan beläggning bör den släta gångytan vara minst 0,90 meter bred och förses med mötesplatser och vändzoner för att fungera t.ex. för personer med rollator.

---

## Genomsläppliga beläggningar

I staden är det mycket varmare än i landsbygden skriver Ferguson (2005) och detta fenomen kallas *urban heat-island*. Anledningen till att det är mycket varmare i staden är den höga andel hårda material som lagrar värme under dagen och släpper ifrån sig värme på kvällen. Det beror även på den snabba avrinningen av nederbörden vilket gör att marken inte kyls av. Samt avsaknad av träd och annan vegetation som skapar skugga och gör att evapotranspirationens nedkylningseffekt inte får någon verkan. Ferguson fortsätter vidare med att i Japan har mätningar visat att en yta belagd med gräsarmering bidrar med ökad evapotranspiration från gräset, vilket kyler ner luft och vatten jämfört med en asfaltsyta som var betydligt varmare och höjde vattentemperaturen vilket bidrog till att recipienten fick försämrade livsvillkor. Ferguson menar att genomsläppliga beläggningar även bidrar till rening av dagvattnet genom att föroreningarna stannar i de översta lagren. Då genom att använda en geotextil som hjälper till att hålla kvar föroreningarna medan dagvattnet transporteras vidare till grundvattnet eller dräneras bort mot annan dagvattenlösning. Ett problem som kan uppstå skriver Simonsen (2011) är att föroreningarna kan lagras i underbyggnaden och att föroreningar utlakas till grundvattnet fast att det fortfarande är bättre än att låta dagvattnet gå direkt till recipienten.

Inom de flesta villaområdena finns det lokalgator, uppfarter och trottoarer med låg belastning av trafik vilket gör dessa ytor enligt Ferguson (2005) utmärkta för användning av genomsläppliga beläggningar. Enligt Stahre (2004) är den största avrinningen inom villaområden från hårdgjorda ytor på bebyggda tomter. Tomtägaren skulle kunna ändra den hårdgjorda ytan skriver Stahre och istället utnyttja genomsläppliga beläggningar till exempel natursten med genomsläppliga fogar, singel som kan stabiliseras med ett rasternät i plast eller stål, hålsten av betong med gräs/grus, genomsläpplig asfalt eller grus. Stahre skriver följande om grusytor i städerna:

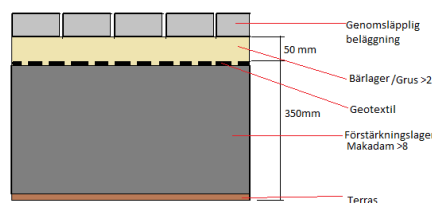
Möjligheten att ha en grusyta istället för asfaltsbeläggning inom stadsbebyggelse är idag relativ begränsade, framför allt med tanke på underhållsbehovet. Inom äldre villaområden med grusade trottoarer bör man för att dämpa dagvattenavrinningen sträva efter att bibehålla dessa. (Stahre, 2004 s 40)

Stahre (2004) fortsätter skriva att grus på trottoarer är bra som bromsning av dagvattenavrinning samt samverkan med gatusten eller genomsläpplig asfalt. Asfalten bör endast användas vid områden med måttlig trafik menar Stahre då vid tyngre trafik uppstår spårbildningar och den blir fortare igensatt. Genomsläpplig asfalts livslängd vid tung trafik är enligt Stahre cirka 5-6 år, med en måttliga trafik håller den cirka 15 – 20 år.

Genomsläppliga beläggnings grundidé består av en överbyggnad i grövre kornstorlek vilken klassas som vattengenomsläppligt material skriver Stahre (2004) och att den sällan består av en kornstorlek under 8 mm. Överbyggnaden fungerar som ett temporärt magasin där vattnet sedan transporteras vidare till grundvattnet samt att vattnet avdunstar upp till 30 % från de översta lagren i överbyggnaden och markbeläggnings. Det magasinerade vattnet kan även transporteras bort genom dräneringsrör som leder vattnet till olika lösningar enligt Stahre. Interpave (2012) skriver att i Storbritannien kan vattnet från en genomsläpplig beläggning ledas till ett underjordiskt magasin med inbygg pump som gör att villaägaren kan använda dagvattnet för olika ändamål i trädgården.

Stahre (2004) anser att genomsläppliga ytor inte bör användas då det är starkt förorenad vattenavrinning. Effekten av det förorenade vattnet skapar en nedsatt funktion på grund av igensättning samt att beläggnings inte bör placeras vid en kraftig lutning då den genomsläppliga beläggnings kapacitet inte utnyttjas ordentligt. Enligt Simonsen (2011) bör beläggnings inte anläggas om grundvattnet når en högsta nivå på 0,6-1 m från överbyggandes underkant.

Ett exempel på en överbyggnad för en genomsläpplig beläggning ses i Figur 4.



Figur 4 Exempel på överbyggnad för genomsläppliga beläggnings

### Problem med genomsläppliga beläggnings

Ferguson (2005) skriver att vatten infiltreras genom olika jordarter i olika takt. Jordar med låg infiltrationskapacitet är inte lämpliga för genomsläppliga beläggnings och det kan finnas behov av att bygga ett vattenmagasin eller dräneringssystem på botten av konstruktionen. Ferguson fortsätter skriva att infiltrationen genom Överbyggnaden kommer i vissa jordar att bli mättade snabbare till exempel på grund av en högre grundvattennivå. Ferguson skriver att det kan lösas genom exempelvis ett vattenmagasin eller dräneringsrörssystem i konstruktionens botten.

I boken *Porous Pavements* skriver Ferguson (2005) att den huvudsakliga användningen av vägen bestämmer vilken typ av genomsläpplig beläggning som passar, även vilka typer och mängder av föroreningar avgör om genomsläpplig beläggning som bör användas eller inte. Även lokalvädrets nederbördsvolym, intensitet och variationer i temperatur skriver Ferguson inverkar på vilken sorts genomsläpplig beläggning som är lämplig för den specifika platsen. Larm (1994) skriver att det inte är lämpligt att använda genomsläppliga beläggnings där det finns risk för ökad grundvattennivå eller ökat grundvattentryck kan skapa skredrisk i känsliga områden. Höjning av grundvattennivån kan även öka risken för tjälskjutning. Larm skriver även att kunskapen om genomsläppliga beläggnings är låg hos allmänheten och att den inte förstår nyttan av en dagvattenanläggning.

Simonsen (2011) skriver att dåligt skötta genomsläppliga beläggnings ökar risken för igensättningar med sediment från vägbanan samt om föroreningar anrikas i beläggnings löper det större risk att det kommer att urlakas till grundvattnet med tiden.

### Gräsarmering

Gräsarmering eller *open-celled paving Grids* som de heter i USA och i Sverige kan det utöver gräsarmering kallas gräsbeläggning, marksten med perkolationsöppningar, rutnätbeläggning eller själva produktens namn. Gräsarmeringen utvecklades i Tyskland på 1960-talet och Ferguson (2005) menar att det största användningsområde idag är till parkeringsplatser för att minska *urban heat-island*-effekten. Det som kännetecknar gräsarmering skriver Ferguson är att den har större håligheter igenom hela tjockleken av betongstenen som fylls med grus, större än >2 mm, eller gräs. Ferguson fortsätter med att det är själva betongstommen som skyddar fyllningen mot packning av biltrafik och erosion genom att håligheterna endast fylls till en bit under kanten.

Inköpskostnaden menar Simonsen (2011) är högre för gräsarmering vilket beror på den ökade överbyggnaden, då den bör vara större för att kunna hålla vattenmängderna, vilket bidrar till ökade materialkostnader. Även om de olika modellerna av gräsarmering har hög inköpskostnad jämnar det ut sig på grund av den låga livskostnadscykeln beläggningen erhåller.

Ferguson (2005) anser att geotextil bör användas under sättsanden för att hindra växtjorden att infiltrera ner i överbyggnaden, dock anser han att en sandig jord bör användas då den håller större porstorlek och ger bättre rotutveckling.

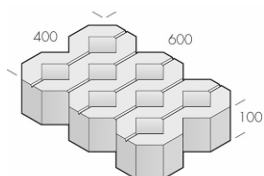
### Liknande dränerande markstenstyper

*Open-jointed Paving Blocks* eller beläggning med perkolationsöppningar mellan stenarna är solida och utformade för att lämna öppna utrymmen i skarvarna samt att det finns olika valmöjligheter hos de genomsläppliga beläggningarna (Ferguson, 2005). Simonsen (2011) skriver att det finns en typ av beläggning med fasta distanser som ligger mot varandra och då skapar ett fast utrymme för fogen samt att de låser fast i varandra och skapar stabilitet i trafiksituationer. En annan användbar beläggning enligt Simonsen är markstenar med fördjupningar runt stenen eller avfasningar som gör att det bildas större fogöppningar i hörnen när markstenarna anläggs tillsammans. Fogarna fylls med grus eller annat poröst material eller lämnas tomma. Fogsand eller likande produkter som används för den traditionella stenläggningen ska inte användas då effekten av infiltrationen avtar. Ferguson (2005) skriver att även om själva stenen inte är porös så är den sammanlagda ytan av skarvarna betydande och om man konstruerar underbyggnaden ordentligt klarar den av tyngre trafik och fungerar i städernas centrum. Interpave (2012) menar att beläggningarna fungerar bra för barnvagnar och rullstolsburna att ta sig fram på ytan som är jämn och är lättare att ta sig fram på än andra genomsläppliga material som grus.

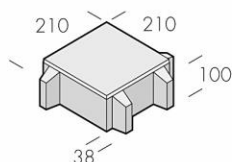
Interpave (2010) skriver att beläggningen har ibland högre inköpskostnad då det ska till större överbyggnad för att kunna magasinera vattnet fast beläggningen har en lägre livscykelkostnad. Underhållet är detsamma som hos vanliga betongplattor och mindre än rörsystem. Interpave menar att det är viktigt att skapa en kostnadsjämförelse som granskar alla komponenter systemet har för att visa fördelarna med de genomsläppliga beläggningarna.

### De vanligaste typerna av svensk marksten för gräsarmering

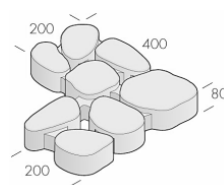
S:t Erik AB (2012a) har gräsarmering Hansa, enligt Figur 5, som är en körbar marksten och används ofta på brandgator, parkeringsplatser samt garageuppfarter. Den är utformad som en åtta med två håligheter i varje marksten och fylls med grus eller gräsvegetation. Hansa har en tjocklek på 100 mm och klarar en trafikbelastning för trafikklass 0. S:t Eriks AB (2012b) skriver om sin fyrkantiga gräsmunk, enligt Figur 6, med fasta distanser som ger en hög areal av grönyta på 35 %. Gräsmunken används för brandgator eller parkeringsplater och man kan använda grus eller gräs som fyllningsmaterial i fogarna. Gräsmunken har en tjocklek på 100 mm och klarar en trafikbelastning för trafikklass 2. S:t Erik AB (2012c) tredje gräsarmering är Gräsarmeringen Birka, enligt Figur 7, som är en solid sten med en del ihåligheter som efterliknar kullersten, håligheterna fylls med antingen genomsläppligt grus eller gräsvegetation. Den har en tjocklek på 80 mm och klarar en trafikbelastning för trafikklass 0.



Figur 5 Mått på gräsarmering Hansa från S:t Erik (2012a)

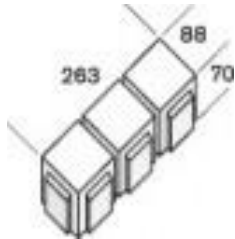


Figur 6 Mått på gräsmunk från S:t Erik(2012b)

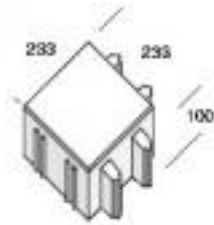


Figur 7 Mått på gräsarmering Birka från S:t Erik(2012c)

Starka (2012) har olika typer av en marksten som heter Siena, det finns många olika och alla bygger på samma grund. Två exempel på Siena marksten är Siena gräsarmering, enligt Figur 8, med fasta distanser för att skapa bredare fogar mellan markstenarna och kan fyllas med grövre grus eller gräsvegetation. Siena gräsarmeringen har en tjocklek på 70 mm och klarar en trafikbelastning för trafikklass 1. Starkas Siena Eco, enligt Figur 9, är fyrkantig med distanser och har en tjocklek på 100 mm vilket gör att den klarar en trafikbelastning för trafikklass 1. Fogarna kan fyllas med grus eller gräsvegetation och får en genomsläpplighet på 20 %.



Figur 8 Mått på Siena gräsarmering från Starka AB (2012)



Figur 9 Mått på Siena Eco från Starka AB (2012)

## Buller

Svensk Markbetong (2002) skriver att markbetong på tätorters gator skapar en trivsamt och speciell miljö för de boende, samt om den är rätt utformad och uppförd skapar beläggningen inte högre ljudnivåer än en asfaltsväg. Svensk Markbetong skriver att ljudnivån beror på vilken hastighet vägen är konstruerad för, till exempel på en väg med hastigheten 30 km/h uppstår bullret mest från bilens motorljud. Svensk Markbetong fortsätter skriva att vid en hastighet på 50 km/h blir det en ökning av ljudnivån med 5 dB jämfört med en 30 km/h väg, vilket beror på kontakten mellan bildäck och vägbanan. Svensk Markbetong fortsätter med att bullernivåerna beror även på markbetongens ytstruktur på körbanan, till exempel stenstorlek, fogbredd och läggningsmönster. Fogbredden skriver Svensk Markbetong ökar förarnas uppmärksamhet för omgivningen och bidrar till minskad hastighet med anledning av att fogarna gör så att bilföraren upplever vibrationer från vägen.

## Överbyggnad

Marksten är bra till olika vägbanor som är begränsade upp till 50 km/h enligt Svensk Markbetong (2002) och beläggningen sänker hastigheten då bilisterna uppfattar att de befinner sig i gångtrafikanternas miljö, då de fungerar utmärkt till 30/50 km/h-vägar eller industriområden och parkeringar. Svensk Markbetong fortsätter med att beskriva hur dimensioneringen av de olika lagren varierar beroende på förutsättningar av terrassens jordart, placering i zonkartan samt vilken användning ytan ska ha och alla de faktorerna spelar in hur de olika lagrens tjocklek bestäms.

Eftersom vattnet ska infiltreras genom konstruktionen samt utsättas för trafikbelastning måste grövre material som saknar 0-fraktioner användas (STARKA, 1999).

## Trafikklass

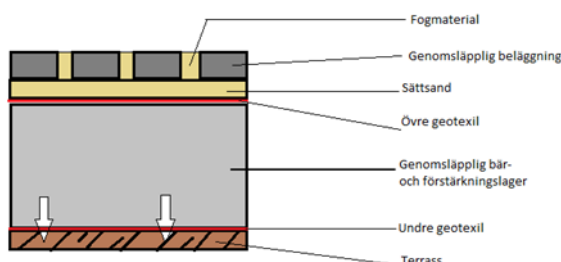
Enligt Svensk Markbetong (2002) bestäms trafikklassen genom hur många standardaxlar som kan passera ytan under markstenens livslängd. Standardaxlarna räknas ut genom den beräknade trafikmängden per körfält samt vilken typ av fordon som ska använda vägen. I skriften *Beläggning med plattor och marksten av betong* (Svensk Markbetong), finns det en formel för att räkna ut standardaxeln. Trafikklasserna för marksten delas in enligt Tabell 3, en notering är att standardaxellasten är 16t för alla trafikklasser förutom i trafikklass G då ofta inga fordon förekommer och i trafikklass GC förekommer oftast fordon med  $\leq 8t$ .

Tabell 3 Tolkning av trafikklasserna och vilka som är lämpliga för marksten, Från Svensk markbetong (2002)

Trafikklass	Standardaxlar/livslängd ca 40 år	Användningsområdes exempel	Marksten	Lämplig tjocklek mm
G	0	Entregång, uteplats, innegårdar utan trafik	Lämplig	50
GC	0	Gång- och cykelväg med enstaka lätta renhållningsfordon per år	Lämplig	70,80,100
0	0-50 000	Lågtrafikerade vägar, parkeringsytor	Lämplig	70,80,100
1	50 000 – 500 000	Brandgata, torgytor	Lämplig	70,80,100
2	500 000 – 1 000 000	Gator/väg	Lämplig	80,100
3	1 000 000 – 2 500 000	Gator/väg	Enligt leverantörsanvisningar	100
4	2 500 000 – 5 000 000	Gator/väg	Enligt leverantörsanvisningar	100

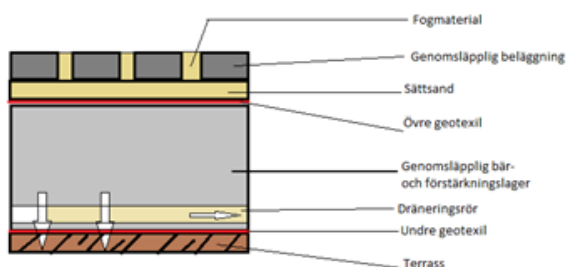
### Typkonstruktioner för permeabla beläggningar

Interpave (2010) skriver om tre olika typer av överbyggnader beroende på vad det finns för krav på terrassens egenskaper samt dess känslighet och hur platsens krav på dagvattenhantering är. Interpave delar in det till *Full infiltration*, *delvis infiltration* och *ingen infiltration*. Full infiltration, enligt Figur 10, betyder att den nederbörd som faller på ytan infiltreras och transporteras vidare ner till terrassen, beroende på dennas hydrologiska egenskaper. En del av vattnet stannar i konstruktionen eller avdunstar från övre delen av konstruktionen. Interpave menar att denna typ av konstruktion är en kostnadsbesparing med anledning av att inga rörsystem behöver kopplas in och utnyttjas. Dock i vissa situationer behövs det stöd av dränering när konstruktionens kapacitet överskrids och blir mättad med vatten eller som en försäkring om en igensättning sker.



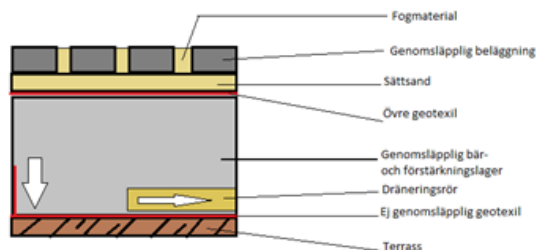
Figur 10 Illustration av full infiltration

Konstruktionen delvis infiltration, enligt Figur 11 skriver Interpave (2010) är en lösning när terrassen inte klarar av att ta emot allt infiltrerande vatten utan det kan finnas ett dräneringsrör i botten på konstruktionen. Interpave fortsätter med att i stort sett hela nederbörden tillåts att infiltrera genom konstruktionen och infiltreras, lagras eller avdunstar. Dräneringsröret leder överskottsvattnet till det kommunala ledningssystemet för dagvatten eller intilliggande grönytor, våtmarker, dammar eller vattendrag. Även om man leder vattnet till det kommunala ledningssystemet så minskas avrinningshastighet till brunnarna och det blir en sorts långsiktig lagring i konstruktionen.



Figur 11 Illustration av delvis infiltration

Ingen infiltration, enligt Figur 12, menar Interpave (2010) att nederbörden som infiltreras hålls kvar i en vattentät låda genom att lägga en tät geotextil ovanpå terrassen och längs väggarna på konstruktionen så att vattnet inte kan infiltreras alls. En anledning kan vara enligt Interpave är att terrassen har låg hydraulisk konduktivitet, sämre styrka och bärighet eller att man inte vill att det förorenade vattnet ska blandas med grundvattnet. Konstruktionen har ett anslutande dräneringsrör i botten som leder bort vattnet till kommunala ledningssystemet eller intilliggande grönytor, våtmarker, dammar eller vattendrag. Interpave menar att konstruktionen kan utnyttjas som en ansamling med vatten för bevattning eller likande.



Figur 12 Illustration av ingen infiltration

### Beläggning

Svensk Marbetong (2002) skriver att den svenska definitionen på marksten är en tjocklek på 60-120 mm en längd som är mindre än 280 mm och den totala arean på en sten är mindre än 0,05 m<sup>2</sup>.

Trafikklassningen är beroende av olika faktorer eller egenskaper hos markstenen menar Svensk Marbetong (2002) såsom hur formatet och dess form påverkar stabiliteten och dess lastfördelande egenskaper på beläggningen eller hur markstenens hållfasthet är för att klara belastningar av trafiken samt läggningmönster.

### Fogmaterial och sättsand

Sättsand fungerar inte bra vid stora vattenmängder menar Simonsen (2011) då dess förmåga att infiltrera vatten inte är god. Dock är den bra för att minska risken för sättningar och göra ytan hård. Svensk Markbetong (2002) skriver att sättsand är korn från en bergart som inte vittrar och att den vanligast används i fraktionerna 0-12 mm. Interpave (2010) ser helst att sättsandens storlek för genomsläppliga beläggningar är 2-6,3 mm, för det måste vara tillräckligt grovt för att tillåta infiltration till marken samt hindra att materialet följer med vattnet till underliggande lager och ändå göra så att markbeläggningen ligger kvar.

Fogmaterialet menar Simonsen (2011) kan variera beroende på vilken typ av beläggning konstruktionen använder fast kravet är att det ska vara dränerande och det gäller även att det fyller ut fogen. Det ska även klara av formförändringar samt vid kraftiga regn ska materialet inte spolats bort utan sitta fast och inte kunna röra sig i fogen. Enligt Svensk Markbetong (2002) får fogbredden inte vara mindre än 3 mm och det är viktigt att fogen är fylld enligt beläggningens krav under hela markstenens livscirkel, då fogen gör beläggningen stabil. Vid gräsarmeringar fortsätter Svenskt Markbetong bör fogsanden blandas med 50 % vanlig fogsand och 50 % växtjord, samt att grässorten bör vara tålig som till exempel ängsgröe, hårdsvingel eller rödven.

### Geotextil

Interpave (2010) skriver att geotextil fungerar som ett filter på två ställen i konstruktionen, under sättsanden för att hindra att den transporteras ner till bärlagret samt ovanpå terrassen så att inte förstärkningslagret sjunker ner. Den bör anläggas efter tillverkarens krav för bästa effekt då det finns många olika typer av geotextiler och alla har lite olika funktioner. Interpave anser att intilliggande rullar bör överlappas med minst 300 mm för att minska risken att materialet hittar en väg igenom.



## Bärlager

Enligt Simonsen (2011) används bärlagret för att i traditionella anläggningar jämna av och täta ytan inför nästa lager. Med att täta ytan menas att det ovanliggande lagret inte ska kunna infiltreras till underliggande lager, måste klara av att packas och fortfarande vara dränerande. Enligt Svensk Markbetong (2002) ska tjockleken minst vara 80 mm och fraktionen på samkross bör inte vara mindre än 4 mm till upp till cirka 40 mm beroende på dimensioneringskrav från terrass, trafikklass med mera.

## Förstärkningslager

Simonsen (2011) anser att förstärkningslagret är ett grovkornigt material i större storlekar än bärlagret samt att det ska klara av att packas och fortfarande vara dränerande. Det är viktigt i detta lager att få till avjämningen för att få det rätt i resterande lager med höjdsättningen på ytan. Enligt Svensk Markbetong (2002) bör fraktionen på samkross vara runt 4 mm till cirka 100 mm beroende på dimensioneringskrav från terrass, trafikklass med mera.

## Terrassen

Det är där konstruktionen slutar, vid terrassen menar Svensk Markbetong (2002) och det är gränsytan mellan konstruktionen och de naturliga jord- och bergmassorna. Det är terrassen som formas först med rätt mått för att det ska stämma i överbyggnaden. Det används ofta ett lager med geotextil för att hindra att förstärkningslagret tränger ner i terrassen.

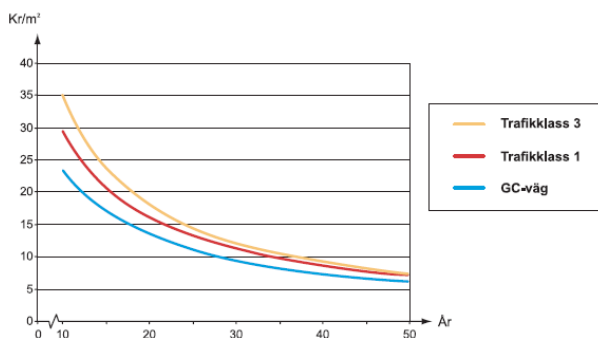
## Kostnader

### Marksten jämfört med asfalt

I skriften *Beläggning med plattor och marksten av betong* anser Svensk Markbetong (2002) att vid nyanläggningar inom infrastrukturen är det viktigt att beakta de tekniska samt de ekonomiska aspekterna vid besiktning på ett långsiktigt beslutsunderlag, då satsningar inom infrastrukturen har en livslängd på cirka 30-50 år. Genom den långa livslängden menar Svensk Markbetong är markbetongen fördelaktig trots den höga investeringskostnaden, samt i jämförelse till asfalt är betongbeläggnings årskostnad konkurrenskraftig efter cirka 15 år.

En förmodad årskostnad skriver Svensk Markbetong (2002) är investering tillsammans med underhåll, då kommuner och beställare måste inräkna resurser för underhåll av beläggnings. Då anser Svensk Markbetong att totalårskostnaden för betongbeläggnings blir ett bra beslutsunderlag, trots de höga inköpskostnaderna så kommer den höga livslängden att väga tungt samt de långsiktiga effekterna såsom funktion och utseende vara viktiga att beakta för underlaget. Markbetong menar även att en ljusare beläggning bidrar till en ljusare utemiljö och belysningseffekten kan minska vilket borde räknas med i totalkostnadsberäkningar.

Enligt Svensk Markbetong (2002) är en tänkbar investerings- och underhållkostnad för tre olika trafikklasser där årskostnaden är fördelad över en period under 50 år enligt Figur 13 och kan variera beroende på inköpskostnaden för typen av marksten. Årskostnaden för underhåll är beräknad till 0-2 kr/m<sup>2</sup> enligt Svensk Markbetong. Svensk Markbetong skriver att årskostnaden för marksten är konkurrenskraftig efter ca 15 år jämfört med asfalt.



Figur 13 Visar årskostnader för betongsten under en period på 50 år. Källa Svensk Markbetong (2002)

Interpave (2006) skriver om kostnadslivscyklar från olika platser, *köpcentrum och större parkeringar* samt *bostadsområdets vägar*. Köpcentrum och större parkeringsområden är investeringskostnader för asfalt och betongbeläggningar relativt lika varandra och om *full infiltration* passar terrassen (se under rubrik *Typkonstruktioner*) är genomsläppliga beläggningar mer kostnadseffektiva än asfalt. Interpave försätter skriva att detsamma gäller för bostadsområden, men att investeringskostnaden är högre och att kostnadslivscykeln är ungefär 4 % lägre än asfalt. Interpave skriver att det beror på minskad belastning på vägen samt att trafikflödet klassas som låg inom bostadsområden.

Enligt Tabell 4 kan man se totalkostnaden för både asfalt och gräsarmering under en ekonomisk livslängd på 40 år. Priserna är tagna ur datorprogrammet Kp-Fakta (2012) . Uträkningarna som ligger till grund för tabellen kan ses enligt bilaga 1.

**Tabell 4 Totalkostnaden för en vägsträcka på 100m under 40 år.**

<b>Totalkostnad* 100m väg</b>	
<b>Gräsarmering</b>	394 360 kr
<b>Asfalt</b>	425 200 kr
<b>*Investering + Underhållskostnader</b>	

### **Kostnader för förnyelse av avloppssystem - Normal eller klimatanpassad**

Lidström (2012) anser att kunskapen om statusen på det urbana avloppssystemet är låg och att forskning drivs framåt om att skapa nyckeltal som ska kunna användas för att bedöma ledningar. Även TV-inspelningar görs, skriver Lidström för att bedöma konditionen på ledningssystemets behov för förnyelse.

I skriften *Klimatförändringarnas inverkan på allmänna avloppssystem* skriver Svenskt Vatten (2007) att de olika kostnadsaspekterna för förnyelser och klimatanpassning av avloppssystem är svårt att uppskatta kostnaderna för förnyelse för klimatanpassning. Svenskt Vatten AB fortsätter skriva att det beror på hur omfattade klimatförändringarna blir samt hur stor risk villaområdet har för översvämningar idag och hur det kommer att förändras i framtiden. En normal förnyelse skriver Svenskt Vatten AB beror på vilken status ledningen har idag samt vilken livslängd som beräknades vid anläggning och då kan det bedömas om det behöver förnyas på kort eller lång sikt. Anledning till normal förnyelse kan vara åtgärder för inträngning av rötter, läckage, sedimentation et cetera.

Svenskt Vatten AB (2007) skriver att nyanskningsvärdet för allmänna VA-ledningsnätet kan grovt värderas till cirka 400 miljarder med uppdelningen 60 % på avloppsledningar och 40 % till vattenledningar. Svenskt Vatten skriver vidare att förnyelsen har påbörjats av VA-ledningsnäten och att det är framräknat att en normal förnyelse avloppsledningarna uppskattas till att kosta cirka 1 miljard kronor för hela landet. Den beräknade förnyelsetakten ligger på ett genomsnitt på 0,4 % per år och beräknas ta cirka 250 år. Med den nya klimatanpassade förnyelsen kommer kostnaderna att hamna runt 1 – 3 miljarder per år och förnyelsetakten skulle hamna på 0,4 till 1,2 % som skapar en teoretisk omsättningstid på cirka 80 år.

## Diskussion

### Det urbana kretsloppet

I de urbana stadsdelarna är det starkare vindar som kan skapas genom att höghusen kanalisera vindarna samt att det är varmare och torrare än i landsbygdens småbyar. Detta beror på att vattnet avrinner fortare samt att det inte finns tillräckligt med växtlighet som bromsar vattnet. Detta kallas *urban heat island* och gräsarmering eller beläggning med genomsläpplig fog kan bidra med minskade effekter av detta. I litteraturstudien beskrevs att forskning i Japan har visat att en väg med beläggningen gräsarmering jämfört med en asfaltsväg sänkte temperaturen i området. Detta beror troligen på att gräset bidrar till ökad evapotranspiration, vilket skapar en nedkylningseffekt av luften. Det ökar även infiltrationen till marken och fördröjer vattnet. Det kan möjligen även bidra till det blir fuktigare i den urbana miljön då det annars är torrt i luften. När det gäller vind kan inte gräsarmering bidra till någon förbättring utan bara förbättring för de träd och buskar som är planterade i beläggningens närhet och det är då den högre vegetationen som bidrar till vindskydd samt en viss nedkylningseffekt genom skugga. Gräsarmering eller beläggning med genomsläpplig fog kan bidra till minskning av *urban heat island*-effekten, vilket borde öka dess attraktion och det kan bli lättare att motivera varför de ska användas i städerna när möjlighet finns.

En skillnad mellan det naturliga och det urbana kretsloppet är att i det naturliga infiltreras nederbörden till största del i marken och en mycket liten del leder till åar, diken och floder. I det urbana kretsloppet är det tvärt om. Nederbörden som landar i de urbana miljöerna ska snabbt försvinna och får inte dröjas kvar i större mängder, speciellt i hårdgjorda delar av städerna till exempel vägar. Detta ökar avrinningshastigheten och det blir en del negativa följder, fast det blir inget regnvatten på vägarna, vilket är viktigt. För att arbeta mot ett mer naturligt kretslopp i staden kan gräsarmering eller beläggning med genomsläpplig fog användas där det anses vara lämpligt, då med hänsyn tagen till terrassen samt områdets grundvattennivåer som inte får vara för höga. Det ska inte användas som den enda möjliga lösningen inom villaområden då det finns flera system som kan tillämpas, till exempel mindre svackdiken som kan vara mellan trottoar och väg.

### Dagvatten – skillnaden mellan konventionella lösningar och HDD

Den stora skillnaden mellan konventionella lösningar och HDD, är sättet det omhändertas. Det ena är synligt och det andra är gömt under marken dolt för ögat förutom brunnslock.

Avloppsvatten går antingen till reningsverken som spillvatten från hushållen som renas och släpps ut i havet eller som ”rent” dagvatten som går genom rörsystem ut till recipient, ofta helt obehandlat. Dagvatten från staden, som kanske ser rent ut, är förorenat från bland annat hustak, avgaser, olika läckage av olja eller att de åtskilda rörsystemen (spillvatten och dagvatten) har korsförbindelser och det kan bli läckage mellan de olika rören. Detta ställer till en del problem för både reningsverk och recipient. Att reningsverken måste rena ökad mängd utspätt vatten ställer till med problem längre bak i systemet och översvämning sker på grund av att reningsverken inte har kapacitet att ta emot mer vatten. Det kan även ske tvärtom att vattendragen tar emot extra förorenat dagvatten och ökad volym som vattendraget i värsta fall inte klarar av och det blir översvämning i närliggande bostadsområden.

Hållbar dag- och dränvattenhantering tar hand om dagvattnet innan det kommer till recipienten. Även att genom fördröjning minska hastigheten på flödet av dagvattnet genom dagvattenledningen då vattnet annars når recipienten med stora mängder vatten under kort tid. Ett syfte med HDD är att fördröja dagvattnet så det når recipienten i lugnare takt under en längre tid. Detta kan gräsarmering eller beläggning med genomsläpplig fog bidra till genom att möjliggöra infiltration till grundvattnet och därmed fördröja vattnet. Att utnyttja fördröjning är ett vanligt och effektivt sätt att minska tillflödet av dagvatten till ledningarna och på så sätt undvika bräddning av ledningarna. Det fungerar som ett säkerhetssystem för att minska risken för översvämningar längre ner i systemet. Dagvattenanläggningarna kan även bidra genom att rena dagvattnet innan det når recipienten till skillnad från dagvattenledningarna, då det inte finns mycket i ett rör som kan ta upp föroreningar. Detta görs med hjälp av infiltration till grundvattnet eller genom att växter tar upp ämnena. Ett problem som kan skapas, vid infiltration till grundvattnet, är att ämnena som lagras i marken med tiden kommer att urlakas till grundvattnet. En risk som troligen inte utgör något stort problem då det ofta

inte handlar om stora mängder av förorenande ämnen i bostadsområden. Det är av det skälet man inte bör använda infiltrationsanläggningar vid områden där dagvattnet innehåller stora mängder föroreningar, exempelvis industriområden.

Den förväntade klimatförändringen är något som kommer att påverka våra städer i framtiden. Det kommer att regna oftare med korta intensiva perioder eller längre regnperioder, främst under vinter, höst och vår. Ett problem med framtidens klimatförändringar är att våra dagvattenledningar inte är dimensionerade för ökad regnmängd då man tidigare ansåg att klimatet i stort sett skulle vara oförändrat. Idag har de flesta kommuner kommit fram till att dagvattenhanteringen är ett allvarligt problem för framtiden som städer måste börja förbereda sig för. Speciellt de städer som ligger i närområdet till redan ”överbelastade” vattendrag då översvämningensrisken kommer att öka. Att bygga vallar eller likande för att stoppa vattnet tror jag inte är hållbar lösning utan att framtidslösningen är olika HDD- anläggningar för att fördröja vattnet.

Dagvattenproblematiken har länge varit ett problem endast för VA-förvaltningar. I och med den klimatförändring som väntas har VA-förvaltningar börjat göra en klimatanpassad förnyelse av avloppsledningar. Skillnaden från en normal förnyelse är att dimensionerna ökar och rörsystemen kommer att ta mer plats än tidigare och är självfallet mycket dyrare. Behöver den mer klimatanpassade förnyelsen av rörsystemen göras överallt? Jag anser att man tillsammans med normal förnyelse ser över andra alternativ för hantering av dagvattnet för varje område! Gräsarmering eller beläggning med genomsläpplig fog kan hjälpa till att infiltrera dagvatten från gator och hustomter, svackdiken eller diken kan leda vatten till exempel från vägar eller större hårdgjorda parkeringar till olika dammar eller infiltrationsytor och avlasta dagvattenledningar. Att både utnyttja dagvattenledningar och gräsarmering eller beläggning med genomsläpplig fog tror jag är en lämplig lösning för villaområden. Även om beläggningarna bara kommer att användas på uppfarter eller att ogenomsläppliga beläggningar byts ut mot en beläggning med en genomsläpplig fog, kommer det att göra skillnad. Trots att själva ytan är liten och att en enstaka yta inte bidrar med så mycket men om det flesta uppfarter inom ett område blir utbytta till genomsläppliga beläggningar, kommer det att bidra i hanteringen av dagvatten. För många små ytor blir tillsammans en stor yta.

### **Planeringsprocessen**

Dagvattenproblematiken har länge varit ett problem endast för VA-förvaltningar och idag måste alla förvaltningar samarbeta för att få ett lyckat resultat. I den framtida stadsplaneringen måste dagvattenhanteringsfrågor komma in tidigt i planeringen och jag anser att det är viktigt att alla som har ansvar för dagvattenanläggningar ska vara med och utforma områden. Vid nyexploatering är det ett utmärkt tillfälle att planera områden med hänsyn till den framtida dagvattenhanteringen, till exempel att planera in större utrymme för dagvattenanläggningar. Om planeringsprocessen redan från början satsar på att vara så ”grön” som möjligt kan olika typer av lösningar användas och kombineras. Gräsarmering eller beläggning med genomsläpplig fog kan från början planeras in i områden och att gatans bredd anpassas så att det kan anläggas trottoarer vid sidan om vägen. Det är viktigt att från början reda ut vem som delar eller ensam har ansvar och kostnader för skötsel och underhåll för anläggningen. Att dela kostnader mellan olika förvaltningar bidrar troligen till att fler HDD- anläggningar kommer till stånd. Att få olika förvaltningar att samarbeta är svårt då kommunikationen ofta är dålig däremellan, därför är det viktigt att bestämma var ansvaret ligger.

### **Lagarna – likt Storbritannien**

Storbritannien är ett ledande land då de har erfarenhet av kraftiga översvämningar som drabbat villaområden. De undersökte varför översvämningarna uppstod och kom fram till att en av orsakerna var den ökade mängd hårdgjorda framsidor i villaområden som leder vattnet direkt till dagvattenbrunnarna. Detta ledde till att en ny lag, *Flood and Water Mangement* infördes. Lagen reglerar hur mycket villaägaren får hårdgöra av sin tomtyta, främst på framsidan. Information om vad som kan användas istället för ogenomsläppliga beläggningar är viktig att ge till villaägarna. Betongbeläggningar med genomsläpplig fog kan även kompletteras med underjordisk uppsamling i magasin för att sedan användas för bevattning eller tvättning av bil. Detta är något som Sverige borde ta efter, då det har varit en trend att lägga plattor med ogenomsläpplig fog på framsidan och ofta med en lutning ut på gatan och därmed ökad belastning på dagvattenledningen. Trots att det inte är ett

vanligt problem idag så tror jag det kommer bli vanligare framtiden. Ökad mängd hårdgjorda ytor och ökade regnmängder som belastar dagvattenledningarna mer än vad det redan gör i dag innebär att vi kommer att få liknande problem som i Storbritannien.

Sverige har sedan 2007 är en ny lag - *lagen om allmänna vattentjänster* (2006:42) där kommuner nu får stöd att ändra uppdelningen av avgifterna för villa- och fastighetsägare. Sedan lagen infördes har en del kommuner delat upp den gamla taxan för spill- och dagvatten men de behöll samma totalsumma och skapade dagvattenavgiften/taxan. Detta gör att om husägaren hanterar dagvattnet lokalt inom tomten, kan avgiften sänkas eller helt tas bort beroende på hur mycket av dagvattnet som hanteras lokalt på tomten. Det är ett steg i rätt riktning anser jag och man borde införa någon form av anvisningar om hur överbyggnad och anläggning ska utformas och vilket fogmaterial som är lämpligast. Att bestämma i en lagtext att vatten som faller på tomten ska tas hand om på tomten lokalt och inte ledas till grannen eller gatans dagvattenbrunn borde bli mer bestämt än en föreskrift. Vi behöver inte återuppfinna hjulet igen utan kan istället titta på hur andra länder har gjort inom dessa områden och anpassa det till Sverige.

### **Beläggnigen**

Inom villaområden finns det mycket uppfarter och parkeringar som skulle kunna lämpa sig mycket väl för beläggning med gräsarmering eller genomsläpplig fog.

Det finns en del olika utformningar av genomsläppliga beläggningar i betong på den svenska marknaden, däremot med gräs som fog är marknaden liten och det finns inte många varianter. Markstenar med genomsläpplig eller öppen fog finns det några varianter av i Sverige och de är ofta utformade med fasade kanter som bildar hålrum när de sätts ihop. De som fungerar bäst för gräs är de som har håligheter i sig eller distanser mellan sig. Distanserna samt betongstenens utformning gör att de låser sig fast i varandra och gör dem lämpliga vid trafikrörelse, eftersom det endast finns begränsade tjocklekar (60-120 mm) på betongstenen fungerar de främst för hastighetsbegränsande 30-50 km/h vägar.

Infiltrationskapaciteten kanske ses som låg för varje enskild sten men den sammanlagda ytan med genomsläppligt material gör betydlig skillnad för ytans infiltrationskapacitet. I Sverige finns det 1067 mil 30 km/h kommunal väg och den största delen är troligen inom bostadsområden och är lämplig för genomsläppliga beläggningar. Då kan man avlasta dagvattenledningarna från kraftiga regn och kan hjälpa till att minska risken för översvämningar inom dessa områden.

Genomsläppliga beläggningar fungerar hyfsat under vinterhalvåret, då det blir mindre tjälskador på den öppna porstrukturen än på asfalt samt runt kanterna på dagvattenbrunnarna. Om systemet blir mättat på vatten och det inte kan rinna vidare genom terrassen kan det frysa och förstöra porstrukturen. Om gräsarmering eller beläggning med genomsläpplig fog ska användas längre norrut i Sverige ska det alltid läggas dräneringsrör i botten för att säkerhetsställa att inget vatten blir stående under längre period.

### **Värden**

Det finns olika positiva värden med synlig dagvattenhantering. Dessa värden kan vara bra att använda sig av i argumentation vid planering av olika dagvattenanläggningar. Genom att lättare visa upp det positiva värdet med anläggningen och se var det skulle kunna passa in bäst i den urbana strukturen. Det kan även vara bra att kunna beskriva dessa värden om kommunen försöker nå speciella mål eller krav från länsstyrelsen och kan därför vara ett bra hjälpmedel för att få anläggningen byggd.. Det är ett problem idag att det inte finns en bra mall för att beräkna de olika värdena i kostnadsberäkningen för olika anläggningar. Ett problem som måste lösas för att lättare kunna anlägga dagvattenanläggningar i framtiden.

När det gäller gräsarmering eller beläggning med genomsläpplig fog finns olika värden som blir tydliga efter ett tag. Vissa passar bättre än andra och några passar inte alls in på anläggningen. Tekniskt värde passar bra in på gräsarmering eller beläggning med genomsläpplig fog då det avlastar dagvattenledningarna. Det ekonomiska värdet vinner på att gräsarmering eller beläggning med genomsläpplig fog bland annat minskar behovet av att klimatanpassa avloppssystem då vanlig

förnyelse endast behövs eller att förvaltningar kan dela kostnaderna, då kan det bli lägre kostnad för de båda förvaltningarna som ekonomiskt ”vinner” på att dela kostnaderna. Gräsarmering eller beläggning med genomsläpplig fog är kanske ur inköpssynpunkt dyrare, däremot blir det billigare med åren på grund av lägre underhållskostnader. I jämförelse med klimatanpassning av avloppssystem har beläggningarna lägre anläggningskostnad. De olika förvaltningarna kan även dela på exempelvis anläggningskostnaderna,

Miljövärdet är högt för gräsarmering eller beläggning med genomsläpplig fog, då de infiltrerar dagvattnet och renar det från föroreningar under transporten till grundvattnet. Även upptaget av gräset i fogarna minskar föroreningshalten i vattnet. Som nämnts innan kan det vid större mängder föroreningar som lagras i överbygganden efter en tid urlakas till grundvattnet. Det estetiska värdet anser jag vara högt fast uppfattas olika av de boende nära beläggningen. Det är svårt att göra alla nöjda, likväl det är något man ska arbeta för, dock vid nybyggnationer av villaområden kan det införas från början så husköparna förstår att kvarteret är ett ”grönt” och att det är fokus på dagvattenhantering inom kvarteret. Att anlägga dessa två anläggningstyper inom ett bostadsområde skulle troligen skapa stort PR-värde för kommunen (inom branschen i alla fall). Om de boende blir mer informerade om varför gräsarmering eller beläggning med genomsläpplig fog ska anläggas på gatan ökar även förståelsen för det kommande problemet med dagvattenhantering. Kommunen kan använda anläggningarna för att skapa reklam för nybyggnation eller för sina befintliga villakvarter. Kommunerna skapar ökad publicitet och visar att kommunen arbetar med dagvattenhanteringen. Genom att införa grön beläggning i tätbebyggda områden, genom gräsarmering, blir det biologiska och ekologiska värdet delvis uppfyllt. Exempelvis för träd som ligger nära beläggningen så ökar trädets välmående genom ökad vattentillgång, men det gynnar inte livsmiljön för mindre eller större däggdjur. Gräsarmering i jämförelse med dammar eller våtmarker så är det biologiska och ekologiska värdet lågt för beläggningen, fast bättre än asfalt.

Det kulturella eller historiska värdet kan vara svårt att anknyta till gräsarmering eller beläggning med genomsläpplig fog, kan styras till att det förr var grus eller gräs på mark som fungerande väg. Är relativt långsökt fast är en möjlighet som även kan skapa PR-värde.

### **Buller**

Buller som uppkommer från gräsarmering eller beläggning med genomsläpplig fog är inte stort och upplevs vid 30km/h som små vibrationer i ratten. De visar att beläggningarna ökar uppmärksamheten vid bilkörning inom villaområdet samt att gatan kan upplevas fin och exklusiv så att bilisten kör långsammare.

Själva ljudnivån vid 30 km/h på villagatorna uppfattas som en låg nivå då det oftast vid denna hastighet hörs endast motorljudet från bilarna. Skillnaden mellan asfalt och gräsarmering eller genomsläpplig fog är liten på en villagata och kommer troligen inte att påverka de boende mer än normalt vid en 30 km/h gata. Kanske liknar ljudet det från en gata med smågatsten fast med en lägre ljudnivå, vilket troligen beror på att kontakten mellan däck och vägbana bidrar med mer hålrum som luftförelsen kan försvinna i och bidrar till en minskad ljudnivå.

### **Handikappkraven**

Enligt lagarna som skrivits om i arbetet ska det erbjudas en jämn yta inom ett område med ojämn beläggning. I lagtexterna ges det förslag på att lägga in ett stråk med jämn beläggning utan större fog så alla kan komma fram. Detta är viktigt att tillämpa då våra samhällen ska vara tillgängliga för alla. Det som hade varit intressant är om det finns en möjlighet att samarbeta med handikappförbund vid nybyggnation av områden då de kan komma med goda idéer och lösningar på problem med beläggningar.

Om själva gräsarmeringen eller beläggning med genomsläpplig fog klassas som ojämn beror på utformningen på stenen samt hur mycket man fyller fogar och håligheter med jord. Om området saknar trottoarer för gående och gräsarmering ska användas på vägbanan bör det anläggas ett stråk med jämnare beläggning. Beläggning med genomsläpplig fog finns i många olika utföranden, de stenar som skapar mindre hålrum i fasade kanter, men annars är jämn, skulle troligtvis fungera bättre som jämn yta för rullatorer med mera.

## Överbyggnaden

Storlek på fogmaterial är viktigt, då det inte bör finnas någon 0- fraktion, vilket begränsar infiltrationskapaciteten betydligt. Det bör alltså vara större än 0 och ska inte spolats bort med vattnet utan det ska sitta kvar i fogen och låsa fast beläggningsstenarna samt skapa en genomsläpplighet för vatten. Det som skulle vara lämpligt är möjligen att använda samma material som i sättsanden. Det vill säga 2 - 6 mm beroende på beläggningsens fogbredd med distanser. Vid användning av gräs säger litteraturen att vanligt fogmaterial och växtjord blandas 50/50 och sås med lämplig gräsfröblandning. Detta låter suspekt då det vanliga fogmaterialet inte är speciellt genomsläppligt.

Det rekommenderas att använda geotextil under sättsanden för att säkerställa att sättsand och fogmaterial inte transporteras med vattnet ner i resterande överbyggnad. Då borde växtjorden kunna blandas med ett dränerande fogmaterial till exempel grus med en fraktion på 2-6 mm, vilket borde vara mer genomsläppligt. Det ska även tänkas på att vid gräsarmering ska inte ihåligheterna fyllas hela vägen till överkanten då man vill undvika att jorden blir kompakterad.

Fraktionen på bärlager och förstärkningslager borde inte vara mindre än 4 mm för att säkerställa att det är genomsläppligt. Själva tjocklekarna på lager och uppbyggnad bör göras efter speciella tabeller som varierar beroende på var man befinner sig i Sverige samt vilket jordart/bergart terrassen består av. Det går att använda olika typer av uppbyggnader beroende på terrassens tillstånd, och jag tänker då på full, delvis eller ingen infiltration. Dessa olika exempel kan vara modeller att utgå från vid olika infiltrationskapaciteter på terrassen.

## Kostnader

Kostnaderna för att anlägga gräsarmering eller beläggning med genomsläpplig fog är höga vid anläggning men konkurrenskraftiga efter några år jämfört med asfalt. Det som är positivt är att anläggningarna har hög livslängd som gör dem fördelaktiga jämfört med asfalt. Det ska även tänkas in andra aspekter vid kostnadsberäkningar till exempel dagvattenhantering, livslängd, sänkning av trafikhastighet, underhållskostnader och skötsel.

## Förslag till fortsatt forskning

En intressant fråga för framtiden är vad barn tycker om gräsarmering? Kan de cykla på ytan, leka på ytan och vilka känslor som uppstår av ytan med mera. Detta är intressanta aspekter/frågor som skulle kunna bli ett arbete för sig. För att verkligen sälja in idén för ett framtida villaområde med gräsarmering, borde studier göras på om barns uppfattning och tankar kring beläggningsen samt vad personer med olika handikapp anser om beläggningsen?

Det kan även vara en intressant fortsättning att jobba vidare på är att göra en studie på hur mycket av årsnederbörden, över ett visst område, som gräsarmeringen faktiskt kan hantera och hur mycket som avrinner till avloppsledningen?

## Slutsats

Syftet med denna litteraturstudie var att besvara följande frågeställningar:

- Är det möjligt att anlägga gräsarmering på 30km/h-vägar ur ekonomisk och framkomlighetsmässig syn?

Att anlägga gräsarmering eller beläggning med genomsläpplig fog på en villagata med 30 km/h är fullkomligt möjligt. Om området saknar trottoar kan det lämpligast fällas in stråk med jämn beläggning med rätt bredd på båda sidor om vägen för att underlätta framkomligheten, enligt Figur 14. En annan lösning om området saknar trottoar är att behålla asfalten och lägga gräsarmering eller beläggning med genomsläpplig fog i mitten av vägen, eller i höjd med dagvattenbrunnarna för att ändå bidra med minskat flöde till dagvattenledningen.

Kostnaden för att anlägga gräsarmering skiljer sig inte mycket från asfalt. Med framtida klimatförändringar är det mer ekonomiskt att satsa på gräsarmering på 30 km/h vägar då det kan bidra med minskade översvämningar i områden. Gräsarmering bidrar till lägre kostnader då man troligen inte behöver klimatanpassa dagvattenledningen i alla områden utan den fungerar tillsammans med gräsarmering och dagens existerande dagvattenledningar.

- Vilken typ av överbyggnad ska användas för att få bästa effekt vid användning av gräsarmeringar?

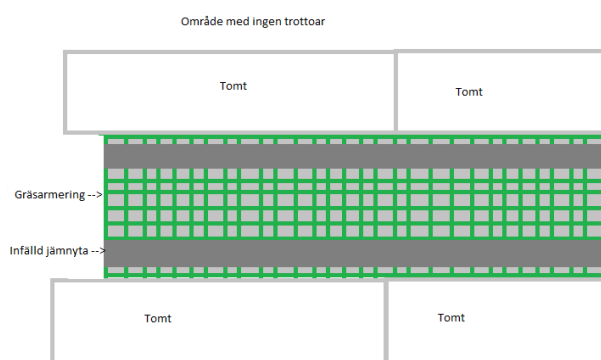
De anvisningar som finns idag för anläggning av gräsarmering tar hänsyn till terrassens egenskaper och kan konstrueras på tre olika sätt, enligt modellerna, full, delvis eller ingen infiltration i terrassen.

Det ska inte användas någon 0-fraktion i fogmaterial, sättsand, bärlager eller i förstärkningslagren för att öka genomsläppligheten i överbyggnaden. Allt i överbyggnaden ska klassas som genomsläppligt material.

- Finns det i dag föreskrifter/lagar om villatomtens hantering av dagvatten, får dagvatten ledas till gatans brunnar?

Idag finns det en lag (lagen om allmänna vattentjänster 2006:416) som ger kommunen rätt att införa dagvattenavgift/taxa, som villaägaren kan ansöka om att sänka genom av användning olika LOD-system.

Det står inte tydligt i lagarna om tomten får leda vatten ut på gatan eller till grannen utan det är lokala föreskrifter eller bestämmelser från kommunen.



Figur 14 Område utan trottoar



## Källförteckning

### Publicerat material

Bjur, H (1982). *Lokala lösningar för vattenförsörjning och avlopp, LoVA: Planering, genomförande och teknik*. Solna: Naturvårdsverket.

Boverket Författningssamling (2011a). Karlskrona. (BFS 2011:13 HIN 2) Tillgänglig:

<https://rinfo.boverket.se/HIN/PDF/BFS2011-13-HIN2.pdf> [2013-05-16]

Boverket Författningssamling (2011b). Karlskrona. (BFS 2011:5 ALM 2)

Tillgänglig:<https://rinfo.boverket.se/ALM/PDF/BFS2011-5-ALM2.pdf> [2013-05-20]

Bäckström, M & Viklander, M(2008). *Alternativ dagvattenhantering i kallt klimat*. Stockholm:

Svenskt Vatten AB. (Rapport Nr 2008-15) Tillgänglig: [http://vav.griffel.net/filer/Rapport\\_2008-15.pdf](http://vav.griffel.net/filer/Rapport_2008-15.pdf) [2013-05-14]

Deak Sjöman, J (2013). *Ytavrinning och dagvattenhantering i bostadsområden – mer än bara ytaskriver*. Alnarp: Movium SLU. (MOVIUM FAKTA nr 1:2013)

Ferguson, B.K. (2005). *Porous pavements*. Boca Raton: CRC Press.

Interpave (2006). *The costs of paving – comparative initial construction and whole life cost analyses*. Leicester: Interpave –The Precast Concrete Paving & Kerb Association.

Interpave (2010). *Permeable pavements – guide to the design, construction and maintenance of concrete block permeable pavements*. Edition 6. Leicester: Interpave -The Precast Concrete Paving & Kerb Association.

Interpave (2012). *Paving for rain - responsible rainwater management around the home - guidance for householder*. Leicester: Interpave -The Precast Concrete Paving & Kerb Association.

Kp-fakta (2012). [Datorprogram] KP System AB

Lagen om allmänna vattentjänster (2006). Stockholm. (SFS 2006:412)

Larm, T (1994). *Dagvattnets sammansättning – recipientpåverkan och behandling*. Stockholm: Svenska vatten- och avloppsverksföreningen - VA-FORSK. (VA-FORSK 1994:06)

Lidström, V (2012). *Vårt vatten – Grundläggande läroboken i vatten- och avloppsteknik*. Solna: Svenskt Vatten.

Malmö Stad (2008). *Malmö dagvattenstrategi*.

Tillgänglig:[http://www.vasyd.se/SiteCollectionDocuments/Vatten%20och%20avlopp/Dagvatten/Dagvattenstrategi\\_2008.pdf](http://www.vasyd.se/SiteCollectionDocuments/Vatten%20och%20avlopp/Dagvatten/Dagvattenstrategi_2008.pdf) [2013-05-08]

S:t Erik AB (2012a). *Gräsarmering Hansa*. Tillgänglig:

<http://www.steriks.se/sv/Produktsortiment/Markbelaggnig/Plattor/Grasarmering-Hansa/> [2013-05-12]

S:t Erik AB (2012b). *Gräsmunk*. Tillgänglig:

<http://www.steriks.se/sv/Produktsortiment/Markbelaggnig/Marksten/Grasmunk/> [2013-05-12]

S:t Erik AB (2012c). *Gräsarmering Birka*. Tillgänglig:

<http://www.steriks.se/sv/Produktsortiment/Markbelaggnig/Plattor/Grasarmering-Birka/> [2013-05-12]

Simonsen, E (2011). *Dränerande markstensbeläggningar för förbättrad miljö*. Stockholm: MinBaS II (Rapport nr 2.1.5)

SMHI (2009-06-24). *Klimatscenarier*.

Tillgänglig:<http://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimatscenarier-1.3850> [2013-05-20]

- SMHI (2012-03-12). *Vattencykeln – förenar hydrologo, meteorologi och oceanografi*. Tillgänglig: <http://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologi/vattencykeln-forenar-hydrologi-meteorologi-och-oceanografi-1.20615#bottom> [2013-04-24]
- Stahre, P (2004). *En långsiktigt hållbar dagvattenhantering – planering och exempel*. Klippan: Ljungberg tryckeri.
- STARKA (1999). *Marksten på trafikytor - Projektering och byggande med marksten på trafikytor*. Starka Betongindustrier. (STARKA 1999-10-11)
- STARKA (2012). *Marksten*. Tillgänglig: <http://www.starka.se/produktomrade/?id=1> [2013-05-12]
- Sv. vatten- och avloppsfören (1983). *Loklat omhändertagande av dagvatten – LOD – anvisningar och kommentarer*. Stockholm: Svenskt vatten- och avloppsföreningen. (VAV - 46)
- Svensk Markbetong (2002). *Beläggning med plattor och marksten av betong*. Andra upplagan. Klippan: Ljungbergs tryckeri.
- Svenskt Vatten (2007). *Klimatförändringarnas inverkan på allmänna avloppssystem - Underlagsrapport till klimat- och sårbarhetsutredningen*. Stockholm: Svenskt Vatten AB. (Medelande M 1 3 4)
- Svenskt vatten (2011). *Hållbar dag- och dränvattenhantering – råd vid planering och utformning*. Solna: Litografiska Alfaprint AB.
- Törneke, K (2009-11-13). *Dagvattenstrategi för Stockholms stad- en utvärdering*. Tillgänglig: [http://miljobarometern.stockholm.se/content/docs/vp/overgripande/Utvardering\\_dagvattenstrategi\\_091113.pdf](http://miljobarometern.stockholm.se/content/docs/vp/overgripande/Utvardering_dagvattenstrategi_091113.pdf) [2013-04-29]
- Värmdö kommun, (2013-02-04). *Ta hand om ditt vatten! – Information och exempel för lokalt omhändertagande av dagvatten–LOD*. Tillgänglig: <https://www2.varmdo.se/dman/Document.phx/Webbmapp/TF/TF-VA/Dagvatten/Ta+hand+om+ditt+dagvatten!?folderId=Webbmapp%2FTF%2FTF-VA%2FDagvatten&cmd=download>[2013-05-10]
- Växjö kommun (2012-10-18). *Dagvatten för småhus – den nya taxan och hur du kan påverka den*. Tillgänglig: [http://www.vaxjo.se/upload/www.vaxjo.se/Tekniska%20f%C3%B6rvaltningen/VA-avd/530081\\_Dagvatten-for%20smahus.pdf](http://www.vaxjo.se/upload/www.vaxjo.se/Tekniska%20f%C3%B6rvaltningen/VA-avd/530081_Dagvatten-for%20smahus.pdf) [2013-05-07]

## Icke publicerat material

- Anders Markstedt från S:t Erik 2013-04-22
- Viktor Laurell från Trafikverket 2013-05-17

## Figurförteckning

Figur 1 Det hydrologiska kretsloppet. Källa <i>Vårt vatten – grundläggande läroboken i vatten och avloppsteknik</i> (2012) .....	3
Figur 2 Ytavrinningen inom tre olika områden över en viss tid. Källa <i>Vårt vatten – grundläggande läroboken i vatten och avloppsteknik</i> (Lidström, 2012).....	4
Figur 3 Översiktlig bild över planeringsprocessens olika delmoment .....	7
Figur 4 Exempel på överbyggnad för genomsläppliga beläggningar .....	14
Figur 5 Mått på gräsarmering Hansa från S:t Erik (2012a) .....	15
Figur 6 Mått på gräsmunk från S:t Erik(2012b) .....	15
Figur 7 Mått på gräsarmering Birka från S:t Erik(2012c) .....	15
Figur 8 Mått på Siena gräsarmering från Starka AB (2012).....	16
Figur 9 Mått på Siena Eco från Starka AB (2012).....	16
Figur 10 Illustration av full infiltration.....	17
Figur 11 Illustration av delvis infiltration.....	17
Figur 12 Illustration av ingen infiltration .....	18
Figur 13 Visar årskostnader för betongsten under en period på 50 år. Källa Svensk Markbetong (2002).....	19
Figur 14 Område utan trottoar.....	26

## Bilagor

### Bilaga 1

Kostnader mellan Gräsarmering och Asfalt för en vägsträcka på 100 m under 40 år. Priser är hämtade ur programvaran Kp-Fakta. Är beräknat till Trafikklass 1 och kommunal väg. Det tabellerna nedan visar är att inköpskostanden är högre för gräsarmering jämförelse med asfalt. Det är sedan i underhållskostnaderna som gräsarmering blir billigare med åren och blir då konkurrenskraftigt med asfalt.

Investeringskostnad	100m väg	Överbyggand	Apris enligt kp-fakta m <sup>2</sup>	Väg L=100m B=4
Gräsarmering	161 600 kr	Gräsarmering	404	161600
Asfalt	89 200 kr	Asfalt	223	89200

	Gräsarmering	Asfalt
Ekonomisk Livslängd (r)	40	40
Kalkylränta (n)	4 %	4 %

Underhållskostnader m <sup>2</sup>	Asfalt	Gräsarmering
Rivning	55 kr	89 kr
Återställning	179 kr	293 kr
Nytt slitlager	46 kr	200 kr

Underhållskostnader m <sup>2</sup>	Intervall (år) Asfalt	Kostnad	Intervall (år) Gräsarmering	Kostnad
Rivning	14,27,40	166 kr	40	89 kr
Återställning	14,27,40	536 kr	20	293 kr
Nytt slitlager	14,27,40	138 kr	40	200 kr
Summa 40år		840 kr		582 kr
Summa 100 väg		336 000 kr		232 760 kr

Totalkostnad* 100m väg	
Gräsarmering	394 360 kr
Asfalt	425 200 kr
*Investering + Underhållskostnader	