



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och
jordbruksvetenskap
Institutionen för landskapsarkitektur, planering och
förvaltning

Genomsläpplig beläggning

Permeable pavement

Annika Ritzman



Kandidatarbete 15 hp
Landskapsingenjörsprogrammet
Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU
Alnarp 2013

Genomsläpplig beläggning

Permeable pavement

Författare: Annika Ritzman

Handledare: Eva-Lou Gustafsson, SLU, Landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Examinator: Tim Delshammar, SLU, Landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Examensarbete för landskapsingenjörer

Kurskod: EX 0359

Program/utbildning: Landskapsingenjörsprogrammet

Examen: Landskapsingenjör, kandidatexamen i teknologi

Ämne: Teknologi

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsmånad och år: April 2013

Omslagsbild: Agnes Kristiansson (2012)

Serienamn: Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU

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

Nyckelord: Genomsläpplig, porös, permeabel, beläggning, markmaterial, öppna dagvattenlösningar, dagvattenhantering, LOD

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap

Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Förord

Detta kandidatarbete är utfört under landskapsingenjörsutbildning vid Sveriges lantbruksuniversitet i Alnarp. Arbetet motsvarar 15 högskolepoäng och är skrivet inom ämnet teknologi. Mitt mål med denna uppgift var att ta fram ett konkret underlag till yrkesverksamma och privatpersoner som står inför val av genomsläpplig beläggningstyp. Ett underlag där man kan utläsa vilka alternativ som finns, vilka egenskaper de har och vilka faktorer som är relevanta att ha i åtanke inför valet. Under resan till färdig produkt ville jag också utveckla mina egna kunskaper inom hydrologi och dagvattenhantering.

Jag vill ägna ett tack till min handledare Eva-Lou Gustafsson, som givit mig betydande hjälp och vägledning under arbetets gång. Jag vill också tacka Kent Fridell som väckt mitt intresse för detta ämne och som under arbetets gång faktagranskat och bistått med givande litteratur. Slutligen vill jag tacka Agnes Kristiansson, Angelica Nilsson, Brita Svensson, Oskar Olsson, Johan Gustafsson, GH form, Starka och S:t Eriks som bidragit med illustrationer och fotografier. Alla illustrationer och fotografier är godkända för publicering.

Annika Ritzman

April 2013, Alnarp

Sammanfattning

Problematik kring hantering av dagvatten har inom VA- och landskapsbranschen under årtionden varit ett centralt ämne. Övervägande fokus har tidigare legat på att lösa problem med stora mängder dagvatten genom att hastigt transportera bort vattnet i underjordiska ledningssystem. På senare tid har man insett värdet och vikten av att hindra uppkomst av dagvatten, att bromsa upp avrinningsprocesser och att se vattnets naturliga kretslopp som förebild för dagvattenhantering. Täta markbeläggningar är direkta källor till uppkomst av dagvatten. Genom att skärma av möjligheter för infiltration finns risk att negativa följder uppstår, exempelvis i form av översvämningar, sänkning av grundvattennivå och överbelastning hos reningsverk.

I detta kandidatarbete undersöks genom litteraturstudie olika versioner av den öppna dagvattenlösningen *genomsläpplig beläggning*. Målet var att ta fram ett konkret underlag till yrkesverksamma och privatpersoner som står inför val av genomsläpplig beläggningstyp. Ett underlag där man kan utläsa vilka alternativ som finns, vilka egenskaper de har och vilka faktorer som är relevanta att ha i åtanke inför valet. Under resan till färdigt kandidatarbete ville jag också utveckla mina kunskaper inom hydrologi och dagvattenhantering.

Arbetet ger en inblick i Sveriges historia kring hantering av dagvatten, hur vattnets naturliga kretslopp fungerar och vad urbanisering och tätning av mark kan ge för effekter på vattnets naturliga processer och på vår omgivning. Vidare beskrivs genomsläpplig beläggning först översiktligt, där fokus ligger på att redogöra för vad genomsläpplig beläggning är, dess primära syfte och att beskriva de allmänna egenskaper som de olika beläggningstyperna delar med varandra. Nästa del i detta arbete zoomar in och redogör för åtta specifika beläggningstyper, närmare bestämt *gräsytor*, *grovkornigt material*, *förstärkningsnät av plast*, *Cast Iron Græsarmering*, *beläggning med genomsläppliga fogar*, *beläggning av hålsten*, *genomsläpplig betong* och *genomsläpplig asfalt*.

Resultatet visar att det finns flera anledningar att arbeta för att minska uppkomst av dagvatten och att samtidigt arbeta med problematik kring det vatten som inte går att reducera. Studien visar att det både finns situationer då genomsläppliga beläggningar är lämpliga att använda och situationer då de inte är lämpliga att använda. Vidare konstateras att dagvattenlösningen besitter flertalet egenskaper intressanta för fortsatt arbete mot hållbar dagvattenhantering. Dessutom skiljer sig egenskaperna flera gånger mellan de undersökta beläggningstyperna, vilket delas in och sammanställs under 13 stycken karaktärsgupper. Slutligen analyseras ur resultatet 17 stycken faktorer relevanta att ta hänsyn till vid val av genomsläpplig beläggningstyp.

Innehåll

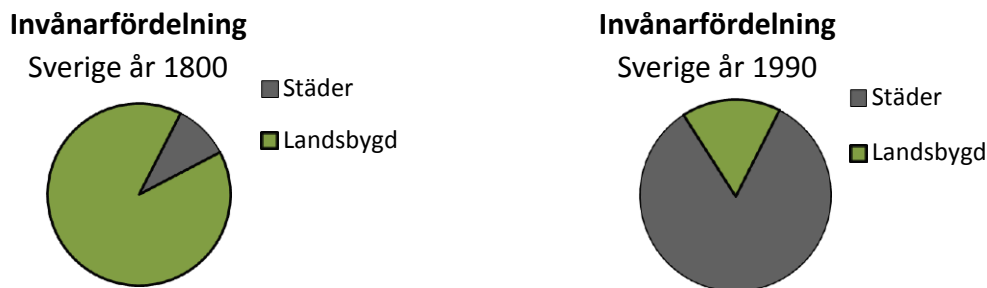
1. Inledning.....	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	3
1.3 Avgränsning.....	4
2. Metod och material.....	5
3. Vattnets naturliga kretslopp	6
4. Vattnets kretslopp i stadsmiljö	8
5. Öppen dagvattenhantering	11
6. Genomsläpplig beläggning	13
6.1 Vad är det?	13
6.2 Konstruktion.....	13
6.3 Hydraulisk process.....	14
6.4 Rening	16
6.5 Underhåll	16
6.6 Kostnader	17
6.7 När undvika genomsläpplig beläggning?.....	18
6.8 Genomsläpplig beläggning i kallt klimat	19
7. Genomsläppliga beläggningstyper.....	21
7.1 Gräsyta	21
7.1.1 Vad är det?.....	21
7.1.2 Användning	22
7.1.3 Konstruktion	22
7.1.4 Underhåll.....	23
7.2 Grovkornigt material.....	24
7.2.1 Vad är det?.....	24
7.2.2 Struktur.....	24
7.2.3 Användning	25
7.2.4 Konstruktion	26
7.2.5 Underhåll.....	26
7.3 Förstärkningsnät av plast	28
7.3.1 Vad är det?.....	28
7.3.2 Användning	29
7.3.3 Konstruktion	29
7.3.4 Underhåll.....	29
7.4 Cast Iron Græsarmering	30

7.4.1 Vad är det?.....	30
7.5 Beläggning med genomsläppliga fogar	31
7.5.1 Vad är det?.....	31
7.5.2 Användning	34
7.5.3 Konstruktion	34
7.5.4 Underhåll.....	36
7.6 Beläggning av hålsten.....	37
7.6.1 Vad är det?.....	37
7.6.2 Användning	38
7.6.3 Konstruktion	38
7.6.4 Underhåll.....	39
7.7 Genomsläpplig betong	40
7.7.1 Vad är det?.....	40
7.7.2 Användning	41
7.7.3 Kostnader	41
7.7.4 Konstruktion	41
7.7.5 Underhåll.....	41
7.8 Genomsläpplig asfalt	43
7.8.1 Vad är det?.....	43
7.8.2 Användning	43
7.8.3 Konstruktion	44
7.8.4 Underhåll.....	44
8. Sammanställning av del 7.....	46
8.1 Genomsläppliga beläggningstyper och dess egenskaper.....	46
9. Analys	50
9.1 Faktorer att ta hänsyn till vid val av genomsläpplig beläggningstyp.....	50
10. Diskussion.....	53
10.1 Metod och material	53
10.2 Beläggningstyper och egenskaper	54
10.3 Påverkande faktorer.....	55
10.4 Slutsats.....	56
Referenslista	57
Publicerade källor	57
Opublicerade källor.....	60
Figurförteckning.....	60

1. Inledning

1.1 Bakgrund

I Sverige har inflyttning till städer ökat i decennier. Statistik från Statistiska Centralbyrån (SCB 1993) visar att andelen boende i städer har ökat från att år 1800 vara 9.8% av befolkningen, till att år 1990 vara 83.4% av befolkningen, se figur 1.

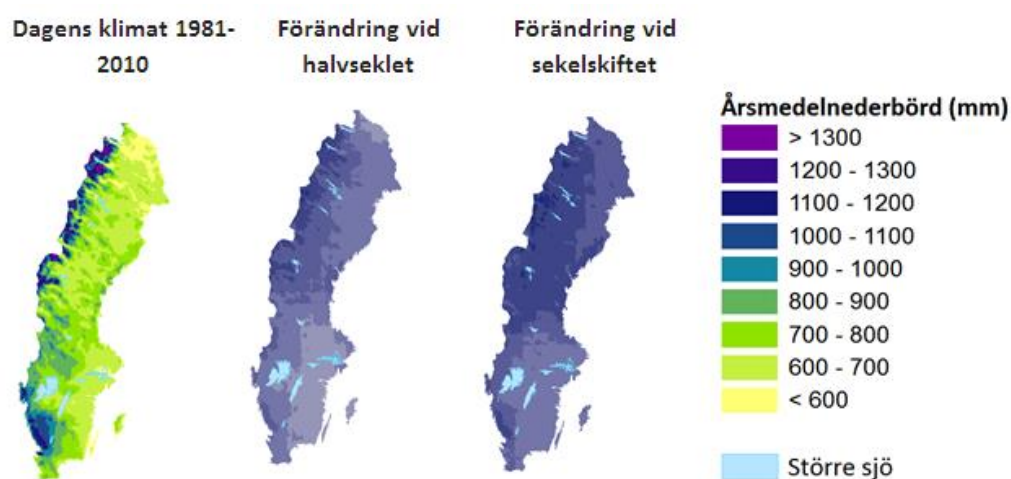


Figur 1: Invånarfördelning i Sveriges städer och landsbygd år 1800-1990 (SCB 1993).

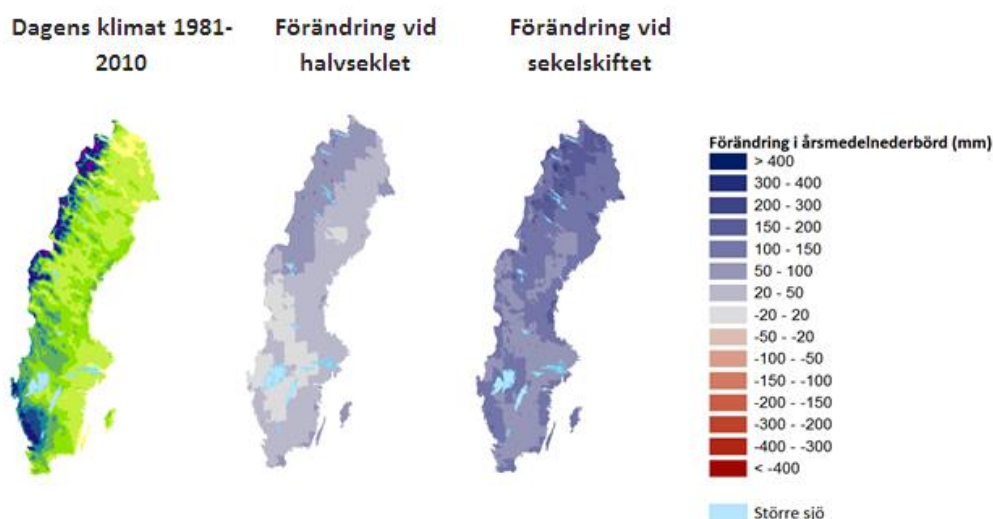
Yong et al (2007 se Stenglein 2011) menar att konsekvenser av kraftig urbanisering bland annat resulterar i att byggnader, industriområden, infrastruktur och hårdgjorda ytor ökar. Detta leder i sin tur till att det naturliga hydrologiska kretsloppet i urbaniserade områden rubbas och att problem kring hantering av regn- och smältvatten uppstår. Regn- och smältvatten har fått benämningen *dagvatten* och Larm (1994, s. 5) definierar dagvatten som "ytavrinnande vatten såsom regn- och smältvatten från gator, taktäckta ytor, gårdar och grönytor". Vidare skriver Larm (1994) att täta landytor hindrar dagvatten från att infiltrera mark och avrinning sker då istället på ytan. Resultatet blir stora dagvattenmängder, hastiga avrinningsprocesser och sänkning av grundvattennivån. Av dessa skäl menar Larm (1994) att det i urbana områden finns behov av att öka möjligheter för infiltration och utjämning av dagvatten. Enligt Ferguson (2005) bidrar hårdgjorda ytor till två tredjedelar av det avrinningsöverskott som bildas i urban miljö. Vidare menar Ferguson (2005) att hårdgjorda ytor är orsaken till i stort sett alla föroreningar av kolväten och att de bidrar till två tredjedelar av den urbana temperaturhöjning som i klimatsammanhang kallas *urbana värmeöar*.

Samtidigt som vi i städer täpper till naturliga ytor pågår ständigt globala och regionala förändringar av vårt klimat. Pachauri och Reisinger (2007), meddelar att de genom statistik från 1850-talet kan se förändringar av vårt globala klimat i form av höjda luft- och havstemperaturer, utbredd snö- och issmältning och stigande havsnivåer. Snösmältning, ytavrinning, luftfuktighet och avdunstning är processer som påverkas vid förändring av temperatur (Bogren, Gustavsson & Loman 1998). Enligt Pachauri och Reisinger (2007) är det troligt att andelen intensiva regn globalt har ökat, i både frekvens och omfattning, under de senaste 50 åren. Ökningen resulterar i förhöjd risk av översvämningar, vilket

enligt Pachauri och Reisinger (2007) innebär stora utmaningar för samhälle, fysisk infrastruktur och vattenkvalitet. Statens offentliga utredningar (SOU 2007) spår att uppvärmningen i Sverige kommer att bli större än det globala genomsnittet och nederbörden i Sverige väntas öka generellt. Detta menar även Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI 2012), som genom två olika mätmodeller illustrerar förväntad nederbörd fram till år 2100, se figur 2 och 3. Därutöver skriver Statens offentliga utredningar (SOU 2007) att de på lång sikt förväntar en betydande ökning av intensiva regn i Sverige.



Figur 2: Klimatscenario enligt modell HADLEY. Årsmedelnederbörd (mm) för referensperioden 1981-2010 och förändringen jämfört med referensperioden för perioderna 2036-2065 och 2071-2100 (SMHI 2012).



Figur 3: Klimatscenario enligt modell ECHAM. Förändring årsmedelnederbörd (mm) för referensperioden 1981-2010 och förändringen jämfört med referensperioden för perioderna 2036-2065 och 2071-2100 (SMHI 2012).

Holmstrand et al (1991) skriver att vårt traditionella tillvägagångssätt för att hantera problematik med stora mängder dagvatten har skett genom underjordiska kombinerade och duplikata ledningssystem. Dock har brister hos denna typ av teknik lokaliserats, så som komplement introducerades på 1970-talet teorin om *lokalt omhändertagande av dagvatten*, också kallat LOD. Konceptet LOD baseras på att man inom privat mark utnyttjar avrinningsområdets geohydrologiska förutsättningar (VAV 1983) och att man genom exempelvis ytavrinning, infiltration och perkolation omhändertar, fördröjer eller magasinerar dagvatten i helt eller delvis öppna system (Stahre 2004). Vidare skriver Stahre (2004) att dessa helt eller delvis öppna system har kommit att användas även utanför privat mark, och bör därför benämnas som *öppna dagvattenlösningar* då det avser allmän platsmark. Gröna tak, infiltrationsytor, genomsläpplig beläggning, svackdiken och dammar är några exempel på lösningar som begreppet avser.

Diskussioner kring huruvida öppna dagvattenlösningar är effektiva är många. I detta kandidatarbete riktas strålkastarna på den öppna dagvattenlösningen *genomsläpplig beläggning*. Inom landskapsbranschen är det viktigt att vara medveten om komplexitet kring dagvattenhantering och vikten av att lära oss hur vi kan arbeta *med* naturens hydrologiska processer istället för mot. Som komponent i utomhusmiljö är marken både betydelsefull och intressant. I städer fungerar hårda markytor enligt Zimmerman (1994) som golv och de spelar en stor roll i hur människor uppfattar stadsrummet. Zimmerman (1994) menar att vi utan att tänka på det läser av marken mentalt och fysiskt genom våra sinnen. Genom utformning kan människan hjälpa till att instruera, tydliggöra, varna och vägleda under färd över städers golv. En markyta med enhetligt markmaterial kräver många gånger istället skyltar för att visa gränser och intentioner.

Det finns idag flera olika typer av genomsläppliga beläggningstyper som används och kan användas i Sverige. Dock upplever jag att användningen är liten och att resultat av befintliga genomsläppliga ytor ofta är mindre lyckade. Dessutom tenderas egenskaper hos genomsläppliga beläggningstyper att likställas, vilket gör det intressant att studera varje enskild beläggningstyp.

1.2 Syfte

Syftet med detta kandidatarbete är att besvara frågorna:

- Vilka olika typer av genomsläppliga beläggningar kan användas i Sverige, och vilka är deras egenskaper?
- Vilka faktorer bör tas hänsyn till vid val av genomsläpplig beläggningstyp?

1.3 Avgränsning

I detta kandidatarbete studeras vad litteratur säger om genomsläppliga beläggningstyper som används eller kan användas i Sverige. Studien redogör inte för sällan använda material som bland annat konstgräs, trädäck och bar jord eller vegetationsbeklädda ytor utöver gräs. Med undantag för produkten Cast Iron Græsarmering beskrivs inte heller enskilda produkter som exempelvis Permastone. Vidare har avgränsning gjorts såtillvida att resultatet inte berör växter i kombination med genomsläpplig beläggning och därmed inte saltproblematik. Slutligen ligger fokus i detta kandidatarbete på att lyfta fram och studera olika genomsläppliga ytbeläggningar och överbyggnadskonstruktion berörs därför endast ytligt.

2. Metod och material

Jag har valt att söka svar på ovanstående frågeställningar genom att göra en litteraturstudie. Genom relevanta sökord och genom dialog med dagvattenkunnige landskapsingenjören Kent Fridell har jag kommit över litteratur om några av dagens mest förekommande genomsläppliga beläggningstyper och information om alternativens olika egenskaper. Slutsatser om att undersökta beläggningstyper kan användas i Sverige baseras på att refererad litteratur syftar till erfarenheter från liknande klimatförhållanden. Litteratur har samlats, lästs och sammanfattats. Kandidatarbetets bakgrund och resultat baseras på information från böcker, rapporter, broschyrer och till viss del föreläsningssanteckningar skrivna mellan år 1979 och 2013. Delarna om genomsläpplig beläggning baseras på litteratur skriven mellan år 1994 och 2013. Av språkmässiga skäl har jag begränsat mig till att använda litteratur på svenska, danska och engelska.

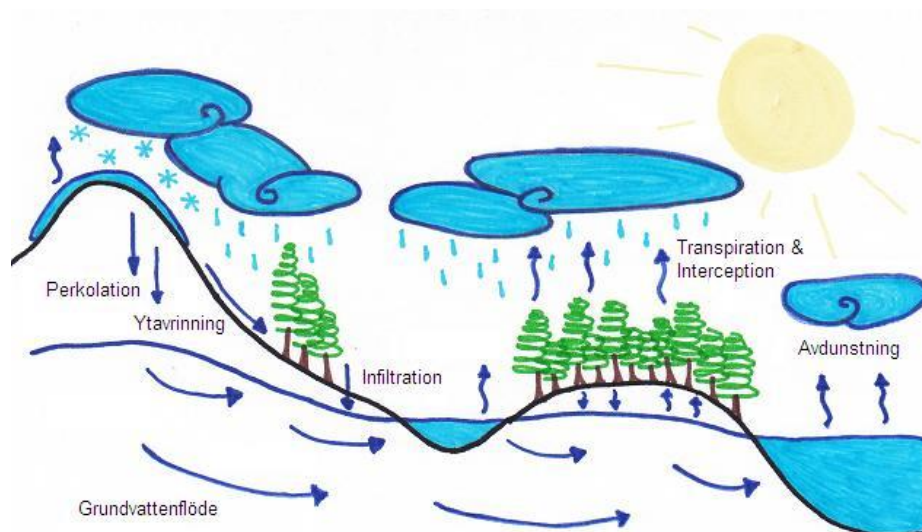
För att finna relevant litteratur har sökmotorn Google och bibliotekskatalogen LIBRIS brukats. Några av de sökord som använts är *urbanisering*, *öppen dagvattenhantering*, *lokalt omhändertagande av dagvatten*, *genomsläpplig beläggning*, *porös beläggning*, *permeabel beläggning*, *föroreningar i dagvatten*, *dagvattenhantering i kallt klimat*, *porous pavement* och *permeable pavement*. Stora delar av det material som beskriver ämnet väljer att beskriva genomsläppliga beläggningar som en och samma öppna dagvattenlösning, istället för att beskriva egenskaperna hos varje enskilt alternativ. Detta har gjort att jag medvetet sökt efter och prioriterat behandling av litteratur som delar upp dagvattenlösningen i flera delar.

En av arbetets mest använda referens är boken *Porous Pavements* skriven av Bruce K. Ferguson i USA (2005). Ferguson är landskapsarkitekt och har i 25 år specialiserat sig på miljöhantering i urbana avrinningsområden.

3. Vattnets naturliga kretslopp

I boken *Vårt vatten* skriver Nordberg och Persson (1979) att allt vatten på jorden ingår i ett så kallat kretslopp, vilket innebär att vatten varken försvinner eller nybildas. Vattnets transport drivs av solenergi och av jordens dragningskraft. Det sker oavbrutet rörelse i kretsloppet och beroende på bland annat temperatur växlar vatten mellan strukturerna gas, flytande och fast form. Enligt Castensson et al (1979) sker ett ständigt samspel mellan vatten, luft, vegetation och mark. Vid naturliga förhållanden kan nederbörd rinna av på ytan, infiltrera marken, tas upp av växrötter, avdunsta eller perkolera till grundvattnet, se figur 4.

Avdunstning, också kallat evaporation, kan ske från alla typer av underlag och avdunstning från växter delas in i två processer, interception och transpiration. Interception syftar till *"vattnets fastnande, kvarhållning och avlägsnande från vegetationens bladverk i samband med nederbörd"* (Nordberg & Persson 1979 s. 136). Lützen och Søllested (1994) menar att 30-40% av nederbörd som under sommartid faller över skog aldrig når marken, utan avdunstar genom interception direkt från trädens vegetationsyta. Transpiration avser *"växternas vattenavgivning i form av ånga från bladytor"* (Nordberg & Persson 1979 s. 141). Det vatten som transpireras har växten vid tidigare tillfälle tagit upp via mark eller luft (Nordberg & Persson 1979). Stora träd kan under en sommardag förbruka flera hundra liter vatten (Lützen & Søllested 1994) och det som blir över efter växtens utveckling av växtmassa släpps genom transpiration ut vid bladens klyvöppningar där det avdunstar (Nordberg & Persson 1979). I svenskt klimat transpireras, enligt Malm och Berglund (2007), mer än 95% av växters totala vattenupptag.

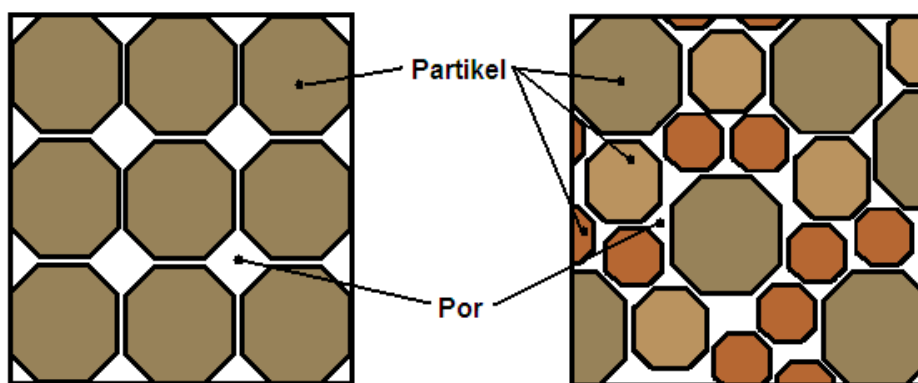


Figur 4: Vattnets naturliga kretslopp illustrerat av Annika Ritzman, efter förlaga av Nordberg och Persson (1979).

Nordberg och Persson (1979) skriver att struktur hos ytnära lager och geologisk sammansättning är avgörande faktorer för vattnets förmåga att tränga genom marken i naturlig miljö. Denna förmåga, även kallad infiltrationsförmåga, bestäms av markytans permeabilitet och jord- eller bergartens förmåga att transportera bort vatten under markytan. Då nederbörd och/eller snösmältning blir intensivare än markens infiltrationskapacitet magasineras vatten enligt Nordberg och Persson (1979) tillfälligt på ytan, för att sedan infiltrera, avdunsta eller rinna av. En naturlig jord kan enligt Lind et al (1991) magasinera infiltrerat vatten i sitt övre jordlager, innan perkolationsprocessen tar vid.

Perkolationsprocessen kallas man den transport av vatten som sker genom marken och Nordberg och Persson (1979) menar att processen styrs av hydrauliska egenskaper hos mark, jordmån och underliggande jord- eller bergart. Vidare skriver Nordberg och Persson (1979) att förutsättningarna för perkolationsprocessen, med andra ord genomsläppligheten, till största del bestäms av mängd och storlek på de markporer som står i öppen kontakt med varandra. Porer kallas de utrymmen som finns mellan jordpartiklar. En jordart med större variation av partikelstorlekar har i regel lägre porvolym än en jordart med mindre variation av partikelstorlekar, se figur 5.

Viklander och Bäckström (2008) skriver att det i vattnets naturliga kretslopp även förekommer reningsprocesser. Kvävefixering, föroreningsupptag av vegetation och nedbrytning av biologiskt material är några av dem.

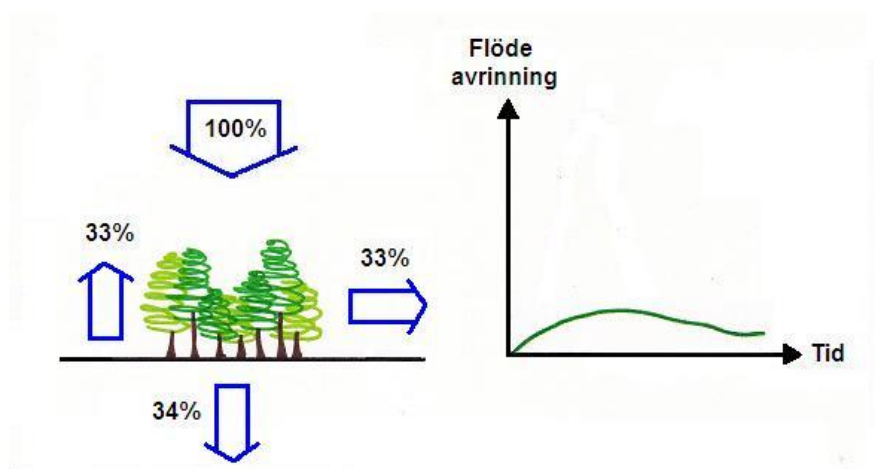


Figur 5: Skillnad i porstorlek mellan en jordart innehållande en kornstorlek (t.v.) respektive en jordart innehållande tre kornstorlekar (t.h.) illustrerat av Annika Ritzman, efter förlaga av Nordberg och Persson (1979).

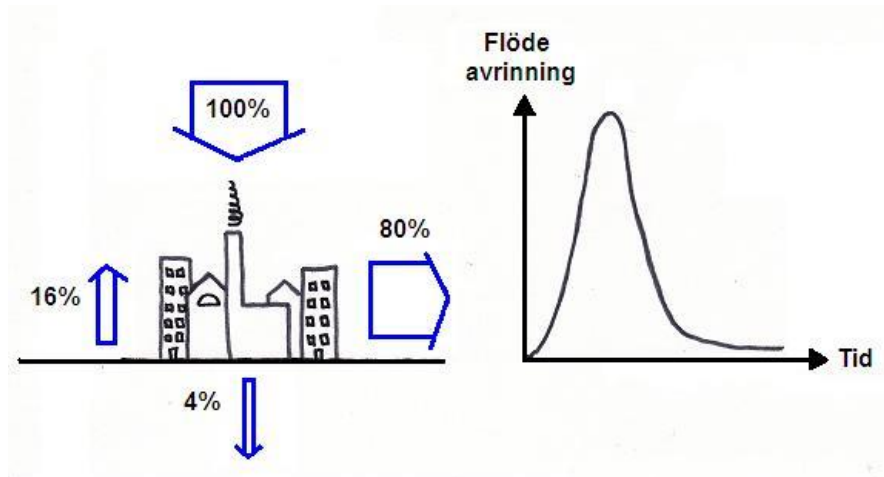
4. Vattnets kretslopp i stadsmiljö

Då ett naturområde bebyggs tas vegetation och befintligt marklager bort och ersätts ofta av icke genomsläppliga konstruktioner, såsom byggnader, industriområden och infrastrukturella installationer (Holmstrand et al 1991). Statistiska Centralbyrån genomförde år 2005 en studie kring utvecklingen av grönytor i våra städer. Undersökningen berörde hur utvecklingen skett hos våra, till befolkningsantalet sett, tio största städer sedan år 2000. Det visade sig att vegetationsgraden under dessa 5 år minskat i samtliga tio städer (SCB 2010). Minskad mängd vegetation ger minskade möjligheter till infiltration, transpiration och interception (Yong et al 2007 se Stenglein 2011).

Enligt Larm (1994) bidrar städernas täta ytor till att naturlig påfyllning av grundvattnet hindras och grundvattennivåer kan därför i vissa områden sänkas. Sänkning av grundvattnet kan resultera i skador på vegetation och i sättningar av hus (Hogland et al 1991). Vidare menar Larm (1994) att följden av att ersätta vegetation med hårdgjorda ytor blir större mängd avrinnande ytvatten och högre avrinningshastigheter än vid naturliga förhållanden, se figur 6 och 7. Utan naturlig fördröjning och infiltration av dagvatten kan häftiga regn orsaka översvämningar (Simonsen et al 2011).



Figur 6: T.v. illustration av Annika Ritzman över förhållandet mellan infiltration, avdunstning och ytavrinning i naturområde efter förlaga av Lützen och Søllested (1994). T.h. illustration av Annika Ritzman över avrinningshastighet i naturområde efter förlaga av Stahre (2004).



Figur 7: T.v. illustration av Annika Ritzman över förhållandet mellan infiltration, avdunstning och ytavrinning i stadsmiljö efter förlaga Lützen och Søllested (1994). T.h. illustration av Annika Ritzman över avrinningshastighet i stadsmiljö efter förlaga av Stahre (2004).

Avrinning i Sveriges städer sker ovanpå ogenomträngliga ytor och ner i underjordiska avloppssystem (Holmstrand et al 1991). Larm (1994) skriver att Sverige använder två typer av ledningssystem för omhändertagande av dag- och spillvatten, *kombinerade och duplikata*. Det *kombinerade* systemet avleder dagvatten från utomhusmiljö tillsammans med spillvatten från byggnader. Systemet nyanlades främst fram till mitten av 1950-talet, men används fortfarande i många städer. Kraftiga regn inom dessa områden kan ge upphov till överbelastning hos landets reningsverk. Då stora mängder regn faller på kort tid tar reningsverken emot så stora volymer att de tvingas släppa ut vissa delar orenade, vilket också kallas bräddning.

Larm (1994) menar att man vid nyanläggningar i mitten av 1950-talet istället började använda sig av det *duplikata* systemet. Det duplikata systemet leder dagvatten och spillvatten i skilda ledningar och bär fördelen att belastningen hos reningsverk blir mindre, eftersom att dagvattnet leds direkt ut till mottagare. Gemensamt för de båda systemen är dock att transport till mottagare påskyndas och naturliga reningsprocesser av vattnet hindras. Att regn- och smältvatten i städer innehåller föroreningar menar Larm (1994) är en följd av att det finns föroreningar i luften och att avrinning sker på förorenade ytor. Vilken typ av förorening dagvattnet innehåller kan variera avsevärt inom ett och samma avrinningsområde.

Vidare skriver Larm (1994) att dagvattnets föroreningsinnehåll till stor del har att göra med kringliggande markanvändning. Ett av de användningsområden som resulterar i högst koncentration av föroreningar i dagvatten är trafikerade ytor. Bramryd et al (1991) menar att höga halter av tungmetaller kan förekomma på hårt trafikerade ytor. Vidare skriver Bramryd et al (1991) att det bland annat kan handla om höga halter av koppar, nickel, bly från avgaser och krom från däckslitage. På vägar som saltas torde även höga halter av klorid förekomma (Viklander & Bäckström 2008). Luftburna föroreningar som kan följa

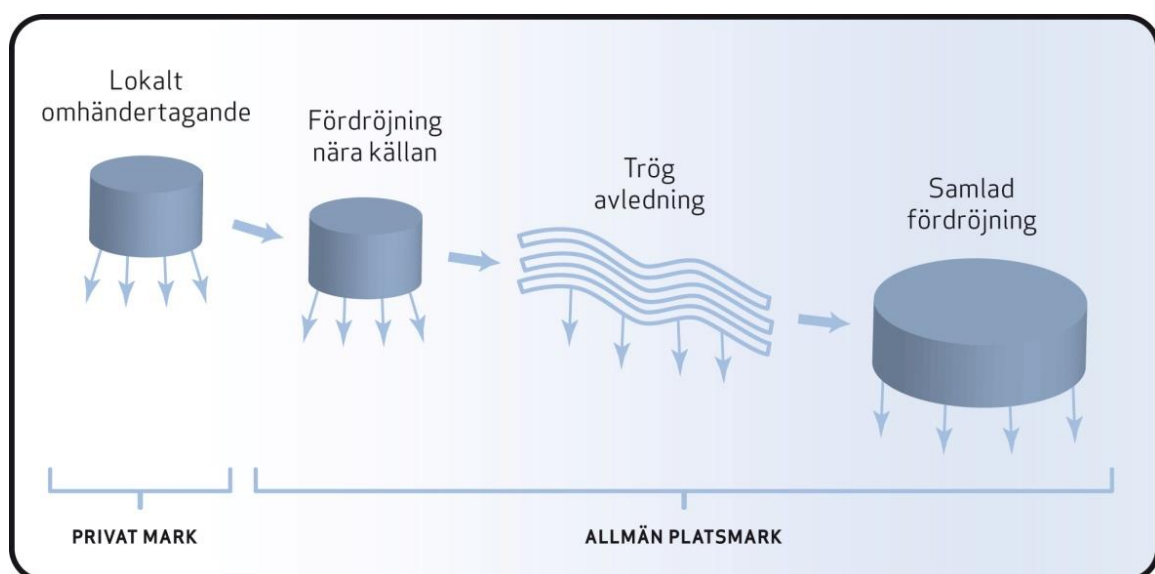
med nederbörd kan enligt Johansson och Burman (1998), utöver ovanstående ämnen, vara tungmetaller som arsenik, järn, kadmium, kobolt, kvicksilver, mangan, nickel, vanadin och zink.

Vidare skriver Johansson och Burman (1998) att föroreningar i luft stundom kan härledas till omkringliggande markanvändning, men att partiklarna också kan ha rest långt. Utländska källor uppskattades år 1984 stå för ca 70% av den totala atmosfäriska depositionen föroreningar över Sverige (Martinsson, Hansson & Lannefors 1984 se Johansson & Burman 1998). Hur stor koncentration av föroreningsämnen dagvattnet slutligen innehåller skriver Larm (1994) beror till största del på hur lång tid som gått sedan senaste regntillfälle och vilken intensitet regnet har. Nederbörd med hög intensitet efter lång period av regnuppehåll innehåller i regel högre koncentration av föroreningar än nederbörd med låg intensitet efter en kort period av regnuppehåll.

5. Öppen dagvattenhantering

Enligt Stahre (2008) låg fokus kring hantering av dagvatten i Sverige fram till 1970-talet på att kunna få undan stora vattenmängder snabbt. Först i mitten av 1970-talet hamnade kvalitetsfrågan i fokus och åtgärder vidtogs för att skydda mottagare. I slutet av 1990-talet hamnade en tredje aspekt i fokus, det sociala. Tillsammans har dessa tre delar kommit att bli tanken bakom konceptet *hållbar dagvattenhantering*. Stahre (2004) skriver att den sociala aspekten i hållbar dagvattenhantering väckte intresse om att synliggöra städers avrinnande vatten och att utnyttja det som ett positivt element i miljön. Med detta föddes uttrycket *öppna dagvattenlösningar*.

Vidare menar Stahre (2004) att öppna dagvattenlösningar kan ha flera mervärden i urban miljö. Exempel på mervärden som Stahre (2004) beskriver är miljömässiga, ekonomiska, estetiska och pedagogiska värden. Litteratur inom området använder ofta benämningen Lokalt omhändertagande av dagvatten, också kallat LOD. Dock menar Stahre (2004) att benämningen LOD endast berör en del av det område som benämningen öppna dagvattenlösningar omfattar. Stahre (2004) delar in öppna dagvattenlösningar i en avrinningskedja bestående av fyra kategorier, där LOD innefattar de lösningar som fördröjer, omhändertar, avleder eller magasinerar dagvatten på privat mark, se figur 8.



Figur 8: Illustrerad kategorisering av öppna dagvattenlösningars avrinningskedja (Johan Gustafsson u.å.).

Förutom begreppet LOD bekantas vi i figur 8 av begreppen *fördröjning nära källan*, *trög avledning* och *samlad fördröjning*. Stahre (2004) beskriver *fördröjning nära källan* som fördröjande eller omhändertagande system placerade nära källan på allmän platsmark. Med *trög avledning* syftar Stahre (2004) till lösningar som på allmän platsmark långsamt kan transportera dagvatten. Fjärde kategorin, *samlad fördröjning*, beskriver större anläggningar med uppgift att fördröja vatten i de nedre delarna av avrinningskedjan.

Även om tidigare nämnda mervärden är viktiga, har lösningarna enligt Stahre (2004) i regel som huvudsyfte att minska våra ledningssystemers hydrauliska belastning. För att uppnå maximal effekt är det mest fördelaktigt att anlägga lösningar i hela avrinningskedjan. Genomsläpplig beläggning väljer Stahre (2004) att klassificera som lämpligt alternativ vid lokalt omhändertagande och/eller som fördröjning nära källan. Fridell (2013) menar att en av de viktigaste delarna i hållbar dagvattenhantering är att hindra uppkomst av dagvatten. Genom att arbeta vid det första steget, källan, kan man påverka kommande dagvattenmängd, flöde och föroreningsinnehåll. Täta beläggningsytor är en direkt källa till uppkomst av dagvatten och genomsläpplig beläggning har därför potential att vara en mycket effektiv reduceringsmetod.

6. Genomsläpplig beläggning

6.1 Vad är det?

Enligt Fridell (2013) kallas genomsläpplig beläggning i engelskan bland annat för *pervious concrete*, *porous concrete*, *porous pavement* och *permeable paving*. I Sverige används vanligen benämningen *genomsläpplig*, *porös* eller *permeabel beläggning*. Ferguson (2005) använder benämningen *porous pavements* och beskriver det som gatu-, väg- och golvbeläggning med inbyggda nätverk av hålrum där vatten och luft kan passera. Enligt Århus kommun (2011) är genomsläppliga beläggningars primära syfte att reducera och/eller fördröja dagvatten på dess väg till mottagare.

Ferguson (2005) skriver att det kan vara svårt att se skillnad på genomsläppliga beläggningar och icke genomsläppliga, men att de ur miljösynpunkt skiljer sig betydande. Vidare skriver Ferguson (2005) att materialets struktur tillåter vatten, luft och värme att ta andra vägar och därmed genomgå andra typer av flödes-, behandlings- och lagringsprocesser. Genomsläppliga beläggningskonstruktioner kan ha förmåga att bryta ner oljor från fordonstrafik och reducera solgenererad hetta, tillåta dagvatten att infiltrera, ge påfyllnad till grundvattnet, bidra till att vegetation i hård miljö får vatten och syre och till att basflöden i vattendrag kan behållas. Ferguson (2005) menar vidare att genomsläpplig beläggning kan vara en av de viktigaste innovationer sedan bilen uppfanns.

Även Århus kommun (2011) är positiv till att använda genomsläpplig beläggning och menar att det förmodligen är det bästa alternativet på uteplatser och lågtrafikerade vägar i bostadsområden. Fridell (2011) menar att flera försök visar att genomsläpplig beläggning kan reducera dagvattenmängder med 60-70%. Enligt Ferguson (2005) finns genomsläppliga beläggningar i många olika varianter, och den färdiga konstruktionen består ofta av en kombination av flera komponenter. Exempel på komponenter är slitlager (i detta arbete kallat beläggningssyta), geotextil, bärlager och förstärkningslager. För att skapa en konstruktion med goda förutsättningar för hantering av dagvatten är val av innehåll och uppbyggnad minst lika viktigt som val av beläggningstyp (Århus kommun 2011).

6.2 Konstruktion

Ferguson (2005) menar att beläggningstyp och överbyggnad bestäms av platsens förutsättningar och ändamål. Vidare skriver Ferguson (2005) att gemensamt för genomsläppliga beläggningssytor som skall tåla belastning utöver gångtrafik är att konstruktionen kräver någon form av överbyggnad. Ett bärlager av grovkornigt material eller en magasineringskasett är exempel på överbyggnader och de kan hjälpa till att fördela belastning över en terrass. En överbyggnad kan bestå av flera lager och det är enligt Simonsen et al (2011) viktigt att materialet som används är dränerande och att det

går att packa. Det är också viktigt att övergångar mellan olika lager av grovkornigt material strukturmässigt är tämligen homogena, så att de inte blandar sig med varandra (Simonsen et al 2011).

Väntad belastning, klimat och struktur hos terrassmaterial avgör enligt Bäckström och Forsberg (1998) hur tjock en överbyggnad behöver vara. En överbyggnad i norra Sverige behöver enligt Bäckström och Forsberg (1998) lämpligen vara tjockare än en överbyggnad i södra Sverige. Om full perkolation till grundvattnet inte är tillåtet eller möjligt, kan dräneringsrör enligt Århus kommun (2011) installeras i en konstruktions botten. Vatten leds då via rör vidare till annan dagvattenlösning eller till mottagare (Århus kommun 2011). Enligt Ferguson (2005) är det vid alla konstruktioner av genomsläppligt beläggingsmaterial viktigt att ha viss lutning, så att vatten som inte hinner eller kan infiltrera beläggingsytan inte orsakar översvämning. För att uppnå optimalt resultat skriver Stahre (2004) att det, vid anläggning av porösa konstruktioner, är viktigt att följa leverantörens anvisningar.

6.3 Hydraulisk process

Den hydrauliska process som sker hos genomsläppliga beläggingsmaterial skriver Ferguson (2005) består av flera hydrauliska funktioner, bland annat snösmältning, avrinning, avdunstning, infiltration och perkolation. Processen startar ovan jord med nederbörd direkt på en yta, snösmältning eller med vatten avrinnandes från anslutande täta ytor. Vattnet kan sedan avdunsta från ytan eller infiltrera genom beläggningen och perkolera underliggande material. Stahre (2004) skriver att upp till 30% av det vatten som landar på en genomsläpplig beläggingsyta kan avdunsta. Ferguson (2005) skriver att infiltrationskapacitet på en beläggingsyta går att mäta genom att räkna hur lång tid det tar för vatten att infiltrera genom det specifika materialet, vilket också kallas för att man räknar ut materialets *hydrauliska konduktivitet*, se tabell 1. Infiltrationskapacitet hos en genomsläpplig beläggning förändras med tiden på grund av bland annat sedimentering och kompaktering.

Vidare skriver Ferguson (2005) att man vid dimensionering av dagvattensystem använder sig av en *avrinningskoefficient* som ett mått på en ytas förmåga att omhänderta dagvatten. Avrinningskoefficienten anges som ett tal mellan 0-1 och talar om hur mycket vatten som ytan inte förmår att ta upp, med andra ord hur stor del vatten som rinner av från ytan. Om inget vatten rinner av ytan har ytan avrinningskoefficient 0, medan en yta där allt vatten rinner av har avrinningskoefficient 1, se tabell 2. Vidare skriver Ferguson (2005) att vid fall där inflöde i en beläggning och dess underliggande material är större än dess utflöde, magasineras vatten i konstruktionens porer. Porositet och tjocklek på konstruktion avgör hur mycket vatten som kan lagras. Om materialets porer mätas svämmer vattnet över på ytan.

Tabell 1: Generella värden för hydraulisk konduktivitet hos nyetablerade genomsläppliga beläggningssytor, delvis omarbetad efter förlaga av Århus kommun (2011 s. 24)

Generella värden för hydraulisk konduktivitet hos nyetablerade genomsläppliga beläggningssytor	
Beläggningstyp	Hydraulisk konduktivitet mm/h
Grovkornigt material, okompakterat och sorterat	50-3000
Förstärkningsnät/ Förstärkningsgaller	50-3000
Beläggning med genomsläppliga fogar	100-9000
Hålsten	50-3000
Genomsläpplig betong	10 000
Genomsläpplig asfalt	5000

Tabell 2: Avrinningskoefficienter för olika beläggningssytor, där de högre värdena gäller för branta sluttningar, intensiva regn och relativt ogenomträngliga ytor. Tabellen är delvis omarbetad efter förlaga av Ferguson (2005 s. 126)

Avrinningskoefficienter för olika beläggningssytor	
Beläggningstyp	Avrinningskoefficient
Täta beläggningssytor	
Tät asfalt	0.73-0.95
Tät betong	0.75-0.97
Genomsläppliga beläggningssytor	
Gräsytor, där minst 50% av ytan täcks av gräs	0.05-0.53
Grovkornigt material	0.30-0.70
Hålsten med 80-20% öppning, grovkornig materialfyllning	0.30-0.50
Hålsten, sandjords- och gräsfyllda	0.18-0.36
Hålsten, matjords- och gräsfyllda	0.00-0.56
Genomsläpplig asfalt, nyanlagd	0.12-0.40
Genomsläpplig asfalt, 3-4 år efter anläggning	0.18-0.29

6.4 Rening

Ferguson (2005) menar att genomsläppliga beläggningskonstruktioner generellt sett är effektiva på att behandla de bakterier, partiklar, näringsämnen och oljor som en beläggning med normalstor belastning utsätts för. Vidare skriver Ferguson (2005) att behandlingen innebär att partiklar och tillhörande joner separeras från vattnet, medan oljor bryts ned biokemiskt genom kontakt med mikroorganismer. Enligt Larm (1994) fungerar mark och vegetation som ett filter. Vidare skriver Larm (1994) att merparten av de föroreningar som förekommer i dagvatten är bundna till små sedimentpartiklar och fastnar vid infiltration i beläggningskonstruktionens översta lager. Olika nedbrytningsprocesser tar olika lång tid, och uppehållstiden för dagvattnet är därför avgörande för reningseffekten.

Hur stor effekt dagvatten ger hos en mottagare beror enligt Viklander och Bäckström (2008) bland annat på dagvattnets temperatur, pH, föroreningskoncentration, redoxpotential, volym och flöde. Effekten beror med andra ord på dagvattnets egenskaper och vidare menar Viklander och Bäckström (2008) att det även beror på mottagarens egenskaper. Enligt Bramryd et al (1991) ställs, vid infiltration av dagvatten, stora krav på markens struktur. Bramryd et al (1991) menar att det är viktigt att vatten som är förorenat får passera genom lerhaltiga jordlager om det skall perkolera ner till grundvattnet. Vidare menar Bramryd et al (1991) att det vid sådan situation är positivt om terrassen innehåller hög humushalt, då detta förbättrar förutsättningar för komplexbindning av tungmetaller. På platser där terrassen domineras av sand eller inom ekologiskt känsliga områden, är det enligt Bramryd et al (1991) endast lämpligt att perkolera icke förorenat eller lågt förorenat dagvatten till grundvattnet.

Enligt Viklander och Bäckström (2008) bör påpekas att all öppen dagvattenhantering lokalt kan påverka vegetation, mark, människor, lokalklimat och mottagare negativt. Föroreningar, bland annat kolväten och tungmetaller, kan enligt Viklander och Bäckström (2008) lagras i vegetation och mark. Detta menar även Bäckström och Forsberg (1998), men de framhåller också att lagrade föroreningar förr eller senare kommer att frigöras och nå mottagare. Av denna anledning ifrågasätter Bäckström och Forsberg (1998) om infiltration i beläggningskonstruktioner ur ett längre perspektiv kan räknas som en hållbar dagvattenlösning.

6.5 Underhåll

Då denna öppna dagvattenlösning ligger synlig på ytan är det förhållandevis lätt att upptäcka driftstörningar (Larm 1994). Enligt Århus kommun (2011) behöver underhåll av en genomsläpplig beläggningsyta inte vara större än på en tät yta. Det som skiljer är snarare vilken typ av underhåll som behöver utföras. Enligt Pennsylvania department of environmental protection (2006) görs underhåll för att undvika att en yta genom fina

sedimentpartiklar tappar sin förmåga att dränera vatten. Århus kommun (2011) skriver att en genomsläpplig beläggningssyta bland annat behöver, oavsett överbyggnadstyp, rengöras med högtryckstvätt eller genom vakumsugning. Dock kommer man ifrån de kostnader för underhåll av underjordiska avlopp och brunnar som en traditionell konstruktion hade krävt. Vidare hävdar Århus kommun (2011) att frekvens av underhåll skiljer sig mellan olika konstruktioner och platser. Risk finns att genomsläppliga beläggningssytor utan underhåll efter bara några år sätter ingen utav bland annat sediment. Pennsylvania department of environmental protection (2006) rekommenderar att rengöring görs vartannat år. Århus kommun (2011) skriver att halkbekämpning av genomsläppliga beläggningar inte bör ske med sand eller grus, med undantag på förstärkta gräsytor och förstärkta eller obundna grovkorniga material.

6.6 Kostnader

Enligt Ferguson (2005) är genomsläppliga beläggningsskonstruktioner inte alltid ett kostsamt alternativ, utan menar snarare att de ofta kan vara billigare än täta beläggningsskonstruktioner. Förslagsvis skriver Ferguson (2005) att obundet grovkorniga material, som exempelvis grusytor, är billigast av alla beläggningstyper inklusive traditionell tät asfalt. Vidare menar Ferguson (2005) att andra genomsläppliga beläggningstyper, som kanske är dyrare till inköp eller anläggning, också är ekonomiskt försvarbara. De kan genom sin dräneringskapacitet bespara utgifter som belastar bland annat ledningar, magasin och reningsverk. Täta beläggningar kräver med andra ord omfattande dräneringssystem. En annan situation då genomsläppliga beläggningsskonstruktioner kan vara positivt att använda menar Ferguson (2005) är då man vill undvika kostsamma markförvärv. Vid behov av dränering men brist på utrymme kan det alltså vara ett ekonomiskt alternativ.

Pennsylvania department of environmental protection (2006) menar att den stora kostnaden för en genomsläpplig beläggningsskonstruktion många gånger ligger i överbyggnaden, då denne ofta behöver vara tjockare än överbyggnader för täta konstruktioner. Vidare skriver Pennsylvania department of environmental protection (2006) att genomsläpplig beläggning med infiltration ur bredare perspektiv visat sig vara billigare än tät beläggning, då kostnader för annars nödvändig mängd hanteringsobjekt för dagvatten i regel minskar. Simonsen et al (2011) menar att genomsläppliga beläggningsskonstruktioner kan antas vara dyrare än tät beläggning. Att genomsläppliga markmaterial ännu är en begränsad marknad, kravet på omfattande projekteringsarbete i form av hydraulisk och strukturell dimensionering, kravet på kompetens hos utförare och ökad tjocklek i överbyggnaden menar Simonsen et al (2011) ligger till grund för ovanstående antagande. Århus kommun (2011) menar likt Ferguson (2005) och Pennsylvania department of environmental protection (2006), att kostnader för

genomsläpplig beläggning är högre än för traditionell beläggning, men att det kan jämnas ut av de avloppsrör som inte behöver anläggas.

Århus kommun (2011) har i en rapport från 2011 gjort beräkningar över kostnader för olika genomsläppliga beläggningstyper, vilket redovisas i tabell 3. Simonsen et al (2011), som undersökt intresset för användning av genomsläppliga beläggningar hos 15 svenska kommuner, menar att det finns en efterfrågan på tydliga forskningsresultat på bland annat livslängd och kostnader.

Tabell 3: Anläggningskostnader för olika beläggningsytor, där priserna är exkl. moms och satta enligt prinsnivå 2011. Priserna är omräknade från danska kronor enligt 1 dkk = 1.12 sek och sedan avrundade till hela sek. Tabellen är delvis omarbetad efter förlaga av Århus kommun (2011 s. 30)

Anläggningskostnader för olika beläggningsytor	
Beläggningstyp	Anläggningskostnad kr/m²
Gräs, ink. Matjord	39
Grovkornigt material	39-67
Förstärkningsnät av plast, gräsfyllda	235
Beläggning med genomsläppliga fogar	448
Hålsten, gräsfyllda	364-476
Genomsläpplig betong	364-588
Genomsläpplig asfalt, ett lager	235-258
Genomsläpplig asfalt, två lager	308-420
Överbyggnad, lågt belastad beläggningsyta (förväntad minimumkostnad)	>95
Överbyggnad, högre belastad beläggningsyta (förväntad minimumkostnad)	>157

6.7 När undvika genomsläpplig beläggning?

Det finns platser och tillfällen då markbeläggning ej bör vara genomsläpplig. Enligt Ferguson (2005) kan det vara då man vill ta tillvara på ytvatten och använda det som en resurs, för exempelvis bevattning, istället för att låta det dräneras bort. Vidare menar Ferguson (2005) att det också kan vara olämpligt på områden där man vet att det pågått eller pågår verksamhet som hanterar farliga ämnen. Det kan ha gjorts medvetna utsläpp

eller omedvetna läckage av ämnen som kan riskera att spolras ut och förorena grundvattnet eller mottagare. Gifter kan länge lagras i mark och exempel på områden där man bör överväga att inte använda sig av genomsläpplig beläggning är vid nedlagda industriområden. Århus kommun (2011) skriver att perkolation till grundvattnet inte bör göras om årets högsta grundvattennivå inte är mer än 1 meter djup. För att skydda mottagare från förorenat dagvatten måste en konstruktions botten i så fall bestå av tätt membran och dränering. Det är enligt Århus kommun (2011) även olämpligt att perkolera dagvatten till grundvattnet om man tror att det kan resultera i en kraftig höjning av dess naturliga nivå.

Ferguson (2005) skriver att det finns tillfällen då avrinningsområdets utformning gör att man bör avstå från genomsläpplig beläggning. Brant lutning är ett exempel. Stahre (2004) menar att dagvatten i branta lutningar förmodas fördelas ojämnt och med det öka risk för igensättning. Obundet grovkornigt material i branta lutningar riskerar enligt Ferguson (2005) att eroderas av trafik eller avrinning. Århus kommun (2011) avråder användning av genomsläpplig beläggning i lutning starkare än 15%. Ferguson (2005) skriver att genomsläpplig beläggning utan dränering inte bör anläggas på platser där infiltration kan äventyra strukturell stabilitet. Vidare skriver Ferguson (2005) att områden som genererar stora mängder små sedimentpartiklar är ett annat exempel på ofördelaktigt utformade områden, eftersom att sediment kan sätta igen genomsläppliga beläggningsskikt. Genomsläpplig beläggning bör heller inte användas då man vet att en yta kommer att utsättas för stor trafikbelastning. Dessutom bör en genomsläpplig beläggningssyta enligt Ferguson (2005) endast hantera det vatten som faller på dess yta, och inte fungera som omhändertagare av vatten från hårda ytor runt omkring. Orsak är för att undvika igensättning av sediment, men undantag gäller för mindre mängder avrinningsvatten från rena tak- och beläggningssytor.

6.8 Genomsläpplig beläggning i kallt klimat

Förloppet från nederbörd till avrinning skiljer sig enligt Viklander och Bäckström (2008) i kalla klimat från motsvarande förlopp i varma klimat. Den stora skillnaden är att nederbörd i kalla klimat i större utsträckning förekommer i form av snö. Istället för att rinna av stannar snön på ytan och bildar snösamlingar. I snösamlingar lagras föroreningar, vilket gör att koncentration av föroreningar i smältvatten är högre i områden som varit snötäckta under en längre tid än i områden som varit snötäckta under en kortare tid.

Är ytan genomsläpplig finns enligt Viklander och Bäckström (2008) hög risk att dagvatten som runnit över och i beläggningsskiktet fryser och sätter igen konstruktionen. Infiltrationskapaciteten kan under den kalla perioden då reduceras kraftigt eller helt. Trots perioder av nedsatt infiltrationskapacitet menar Viklander och Bäckström (2008) att

genomsläppliga beläggningskonstruktioner i kalla klimat har en relativt god förmåga att omhänderta dagvatten och god förmåga att rena dagvatten.

Ferguson (2005) skriver att vattenmolekyler som fryser expanderar med 10% och kan under frys- och smältprocesser orsaka frostsador hos täta och genomsläppliga beläggningskonstruktioner, se figur 9. På grund av de rörelser som frysende och tinande vattenmolekyler ger upphov till föreslår Ferguson (2005) att man i kalla klimat använder sig av beläggningsmaterial som tillåter rörelse. Resultat av en undersökning gjord mellan genomsläpplig och tät asfalt i Luleå visade enligt Viklander och Bäckström (2008) att den genomsläppliga asfalten var mer motståndskraftig mot frostsador än den täta. Som ytterligare säkerhetsåtgärd mot frostsador kan man enligt Fujita (1994 se Viklander & Bäckström 2008) anlägga dränering i botten av genomsläppliga beläggningskonstruktioner.

Enligt Århus kommun (2011) finns både undersökningar som visar att genomsläppliga beläggningar fryser tidigare än täta beläggningar och undersökningar som visar det motsatta. Enligt Ferguson (2005) och Pennsylvania department of environmental protection (2006) fryser vätska i och på genomsläppliga beläggningar senare än på täta beläggningar. Detta menar även Bäckström och Forsberg (1998) som skriver att isbildning är mindre förekommande på ytor som kan infiltrera bort vatten.



Figur 9: Fotografi föreställande förstärkningsnät av plast som tryckts upp ur lagret av jord- och vegetationsfyllning (Annika Ritzman 2013).

7. Genomsläppliga beläggningstyper

7.1 Gräsyta

7.1.1 Vad är det?

Gräsytor består av levande material och skiljer sig enligt Ferguson (2005) från andra beläggningar genom att de kan ta upp koldioxid från luften och avge syre, se figur 10. Gräsytor har enligt Larm (1994) en hög acceptans hos allmänheten och stor potential att integrera med vår stad. Behov av utrymme är precis som för andra genomsläppliga beläggningar litet och likaså behov av underhåll. Gräsytor ger goda möjligheter för evaporation och bibehållning av grundvattennivå. Ferguson (2005) menar att gräsytor genom transpiration kan sänka temperaturer lokalt och därmed motverka utbredning av urbana värmeöar. Ferguson (2005) menar dessutom att beläggningstypen har förmåga att absorbera ljud och ljus. Larm (1994) skriver att gräsytor har god reningseffekt på sedimenterbara partiklar och tungmetaller, samt viss effekt på närsalter genom upptag hos växtmaterial. Om en gräsyta omges av starkt förorenade ytor, bör dagvatten från dessa inte ledas in på gräsytan, då det kan riskera att försämra kvaliteten hos grundvattnet. Dessutom menar Larm (1994) att problem för gräsets tillväxt kan skapas av svavel- och kväveföroreningar, tungmetaller, olja och vägsalt. Vidare skriver Larm (1994) att en gräsytas förmåga att infiltrera dagvatten försämras om isbildning uppstår i ytskiktet. Infiltrationskapaciteten försämras även successivt då sedimenterande partiklar lägger sig och täpper igen gräsytor. Under de första åren kan en nyetablerad gräsyta ha låg infiltrationskapacitet. Innan man väljer att använda gräs som beläggningmaterial är det enligt Ferguson (2005) angeläget att undersöka vilken typ av belastning ytan skall utstå. Belastning och slitage från fordon kan dels skada själva gräsmaterialet, men också packa överbyggnadens porer så att infiltrations- och perkolationsförmågan försämras. Jordpackning skadar på sikt också växtmaterial, då ytan får svårt att luftas och dräneras. Dessutom får rötter det svårt att ta sig fram i jorden. Vid val av gräsart bör enligt Ferguson (2005) platsens klimat ses över, såsom temperatur, skugga och fukt.



Figur 10: Fotografi föreställande gräsyta på bostadsgård (Angelica Nilsson 2011).

7.1.2 Användning

Ferguson (2005) skriver att gräsytor kan tåla viss trafikbelastning, förutsatt att ytan trafikeras sällan och av inte allt för tunga fordon. Gräs som beläggningstyp skulle kunna fungera väl på exempelvis sällan använda parkeringsplatser och helikopterplattor. För gångtrafik är beläggningstypen desto mer lämpad och kan exempelvis användas i amfiteatrar, idrottsplatser, golfbanor, trädgårdar och i parker. Vidare skriver Ferguson (2005) att gräsytor kan förstärkas med olika typer av nät eller armeringar och kan då få en väsentlig ökning i belastningskapacitet. Förstärkning kan omfatta rutnät av syntetiskt material där gräs utgör en stor del av ytan. Gräs kan också förstärkas med hålsten, där mängden gräsyta i vissa fall blir en förhållandevis liten del av den totala beläggningsytan. Mer om förstärkning beskrivs i avsnitten *Förstärkningsnät av plast*, *Cast Iron Græsarmering* och *Beläggning av hålsten*.

7.1.3 Konstruktion

Stora delar av gräskonstruktioners utveckling har enligt Ferguson (2005) skett inom golfsektorn. Golfsektorn har, precis som städer, behov av att ha gräsytor som kan tåla belastning och samtidigt dränera dagvatten. Under gräs krävs livskraftig jord med förmåga att kunna behålla sin struktur trots belastning. Uppbyggnad av växtbäddar för gräs kan se olika ut, men gemensamt för golfbranschens erfarenheter är att det är lämpligt att använda sand som huvudkomponent i det jordlager som ligger närmast gräsytan. Vidare skriver Ferguson (2005) att det är viktigt att ha en väl-dränerad överbyggnad, om man vill minska risk för översvämning vid stora regnvolymer. Under sandjordslagret kan man exempelvis ha ett lager av sorterat grovkornigt material och dräneringsrör. En konstruktion av detta slag får, till skillnad från jordar med fina partiklar, låg vattenhållande kapacitet och kan under torra perioder därför behöva bevattnas. Vattenbrist hos gräs kan enligt Ferguson (2005) göra att materialet blir känsligt för slitage eller att det vissnar. För att infiltration skall vara effektiv bör lutning på en gräsyta enligt

Schueler et al (1992 se Larm 1994) inte överstiga 5%. Ferguson (2005) skriver att gräs går att anlägga på olika sätt. En variant är att köpa in och rulla ut förodlade gräslängder. Alternativet är relativt kostsamt men ger tillförlitlig etablering. Sådd är en annan variant och spridning av gräsfrö kan ske på flera sätt. Sådd är billigare att anlägga än förodlade längder, men är enligt Ferguson (2005) etableringsmässigt det minst tillförlitliga alternativet. En nysådd yta behöver minst en växtsäsong av etablering innan ytan kan beträdas.

7.1.4 Underhåll

Ferguson (2005) menar att underhåll av gräsytor är kostsamt. Det kan bestå av exempelvis klippning, gödsling, bevattning, luftning, dressning, återställning, bekämpning av skadedjur eller sjukdomar. Vidare skriver Ferguson (2005) att majoriteten gräsytor är i behov av bevattning de första två växtsäsongerna. Klippning kan under växtsäsong behöva göras en gång i veckan. En gräsyta som brukas hårt kan lätt slitas och behöva kompletteras, speciellt då slitage sker frekvent på samma punkt. Vidare skriver Ferguson (2005) att man på en gräsbelagd parkeringsplats vid Westfarms Mall i USA hanterar problemet genom att dela in parkeringsplatserna med flyttbara stolpar och rep. På det viset kan de reglera åtkomsten till parkeringsfickorna genom att flytta avgränsningarna. Om en gräsyta skall snöröjas med maskin är det enligt Ferguson (2005) fördelaktigt att använda någon form av snöslunga eller plog buren av medar eller band. Plogbladet bör inte vila direkt på beläggningsytan. Om ytan skall saltas bör en grässort med salttolerans väljas.

7.2 Grovkornigt material

7.2.1 Vad är det?

Grovkornigt material är enligt Ferguson (2005) ett samlingsnamn för de granulerade material som används som konstruktionsmaterial. I sammanhanget genomsläpplig beläggning används benämningen grovkornigt material som samlingsnamn för konstruktioner av granulerade, hårda och hållbara material som exempelvis tegelkross, naturgrus, stenkross och krossad betong. Vidare skriver Ferguson (2005) att grovkornigt material är en av våra mest använda komponenter vid uppbyggnad av urban utomhusmiljö. Grovkorniga material används bland annat som förstärkningslager, bärlager och fogmaterial. Det är den största ingrediensen i asfalt, betongmaterial och skelettjord. Dessutom används konstruktioner av helt obundet grovkornigt material som slitlager, med andra ord som beläggingsmaterial, se figur 11. Vidare skriver Ferguson (2005) att det vanligaste råämnet för grovkornigt material är krossat naturligt mineralmaterial, med andra ord krossade bergarter, som bryts ur stentäkter. Kostnaden för framtagande av grovkornigt material är förhållandevis liten, ofta är det transporten som är kostsam. Egenskaperna hos materialet varierar mellan olika bergarter och mellan olika regioner. Ferguson (2005) menar att exempel på arter som kan bilda starka grovkorniga material är granit, hård sandsten, diabas och hård kalksten. Vidare skriver Ferguson (2005) att ett annat material som används till grovkorniga material är krossade keramiska material som exempelvis tegel eller förglasad lera. Tegel och förglasad lera tillverkas från början i fabrik och är i krossad form ofta återvunnet från exempelvis rivna byggnader.



Figur 11: Fotografi föreställande grusgång (Agnes Kristiansson 2012).

7.2.2 Struktur

Ferguson (2005) skriver att partiklar i ett grovkornigt material kan ha olika färg och form, se figur 12. För att en överbyggnad eller beläggning av obundet grovkornigt material skall bli stabil krävs att dess partiklar är kantiga. Runda partiklar kan lätt glida eller rotera mot varandra och på så vis ge vika vid tryck ovanifrån. Kantiga partiklar kan däremot låsa sig

mot varandra och man finner egenskapen hos krossat material. Vidare skriver Ferguson (2005) att partiklarnas storlek, också kallat fraktion, har stor påverkan på det grovkorniga materialets egenskaper. Egenskaper som påverkas är bland annat materialets porositet, genomsläpplighet, hållbarhet mot belastning och framkomlighet. Genomsläppligheten ökar med partiklarnas storlek men för stora partiklar kan försämra framkomligheten. Ett grovkornigt material kan enligt Ferguson (2005) innehålla flera olika partikelstorlekar och man skiljer på uttrycken *sorterat* och *osorterat* grovkornigt material. Sorterat grovkornigt material innebär att partiklarna är förhållandevis jämnstora och på så vis skapar stora välldränerande porer. Osorterat grovkornigt material syftar till sammansättningar av partiklar med mycket varierad storlek, där de mindre beståndsdelarna mer eller mindre fyller ut konstruktionens porer, se figur 5. Jämfört med osorterat grovkornigt material kan sorterat grovkornigt material enligt Ferguson (2005) ha större resistens mot frostsador, genom att de inte innehåller lika stor andel små fukthållande porer. Då fukt i mikroporer fryser expanderar vätskan och upprepade frys- och smältprocesser kan försvaga eller spräcka partiklar. Vidare skriver Ferguson (2005) att osorterat grovkornigt material dessutom tenderar att vara mindre stabila, då de mindre partiklarna kan lägga sig mellan och hindra eller hämma de större partiklarnas låsningsmekanik. Fraktion och sammansättning kan specialanpassas, men det mest ekonomiska skriver Ferguson (2005) är troligtvis att välja en standard som finns hos leverantör.



Figur 12: Fotografi föreställande grovkornigt material med kantiga partiklar av varierad storlek och färg (Annika Ritzman 2011).

7.2.3 Användning

Enligt Ferguson (2005) är sorterade grovkorniga material både effektiva på att dränera och, under de flesta omständigheter, billiga. Konstruktionen är mycket enkel att anlägga och underhålla. Det är viktigt att ytan beläggs med lämpligt material, på lämplig plats och med rätt installation. Lyckas man med detta tål beläggningsförslitning och förskjutning av trafik. Det är dock lämpligt att ytan endast används för låg trafikbelastning. Ferguson (2005) menar att exempel på sådana ytor är gångbanor, torg, uppfarter, extensivt använda parkeringsplatser och uppställningsplatser för mindre objekt. Enligt Århus kommun (2011) kan denna typ av beläggning vanligen användas på parkeringsplatser, infartsvägar, uppfarter, gångvägar och som förstärkning i vegetationsytor. Fordonstrafik

kan enligt Ferguson (2005) packa beläggningstypen lokalt. Så länge det endast handlar om smala spår klarar sig ytan dock från större nedsättning av dräneringsförmåga. Vidare skriver Ferguson (2005) att obundet grovkornigt material dock inte är lämpligt att använda på ytor som förväntas belastas av tung trafik, av fordon i behov av att ofta flyttas och vridas eller på ytor med brant lutning. På ytor som skall snöröjas bör obundet grovkornigt material endast användas om man vet att plogning kommer att ske varsamt, då denna behandlig kan flytta materialet. Plogbladet bör inte vila direkt på beläggningsytan. Det bör dock tilläggas att Ferguson (2005) skriver att förskjutet material enkelt kan läggas tillbaka på plats och ytan går därmed lätt att reparera. Tillfällen då grovkornigt material är extra lämpligt är då ytan är i behov att kunna röra sig. Detta kan exempelvis vara då terrassen sväller, under perioder av tjäle, på ytor med trädrötter och på platser där terrassen är lucker. Ferguson (2005) menar att även osorterat grovkornigt material går att använda på ovan beskrivna ytor, men att dess genomsläpplighet dock är sämre. Vidare skriver Ferguson (2005) att ett av de få fall då det är extra lämpligt att använda grovkornigt material av rundade partiklar är på lekplatser. Genom att partiklarna kan rulla mot varandra kan de dämpa fall och fungera som stötdämpning samtidigt som det grovkorniga materialet har en dränerande förmåga.

7.2.4 Konstruktion

Ferguson (2005) menar att det befintliga jordlager, terrassen, som den grovkorniga materialkonstruktionen skall vila på sällan behöver kompakteras. I vissa fall kan det vara lämpligt att använda en geotextil för att skilja den underliggande jorden från det porösa grovkorniga materialet. Vidare skriver Ferguson (2005) att det är viktigt att trycka till ytan då konstruktionens material är på plats, så att partiklarna låser varandra och på så vis minska risken för förskjutning. För att hindra förskjutning av material och för att öka konstruktionens stabilitet kan en fast avgränsning, exempelvis ett kantstöd, vid ytans kanter krävas.

7.2.5 Underhåll

Vid låg trafikbelastning och med starkt, hållfast material är detta beläggningssalternativ enligt Ferguson (2005) endast i behov av lågt underhåll. Ojämnheter i ytan, som exempelvis skapas i bilvägars kurvor eller på vägar som blivit hårt plogade, kan ofta jämnas till genom skrapning. Vidare skriver Ferguson (2005) att brukare, både fordon och gångtrafikanter, sliter på beläggningsytor så att fina partiklar bryts loss och lägger sig som sediment i det grovkorniga materialet. Detta kan göra att man efter en tid kan behöva byta ut det översta lagret av det grovkorniga materialet. Om detta är ett frekvent problem menar Ferguson (2005) att man bör se över det grovkorniga materialets struktur. Dock är brukande av grovkorniga materialytor inte bara av ondo, då vindburna frön tenderar att rota sig på beläggningsytor som inte brukas, se figur 13. Enligt Ferguson (2005) kan ogräs på sådana ytor behöva rensas två till flera gånger per år.



Figur 13: Fotografi föreställande ogräs i grusyta (Angelica Nilsson 2011).

7.3 Förstärkningsnät av plast

7.3.1 Vad är det?

Förstärkningsnät kan enligt Ferguson (2005) beskrivas som förstärkande rutnät av plast med öppningar. Produktfamiljen har som beläggingskomponent ursprung från 70-talet. Öppningarna kan fyllas med grovkornigt material eller jord- och vegetationsmaterial som exempelvis gräs. Produkten ser olika ut hos olika företag. Vissa rutnät är större, liknande stora mattor levererade på rulle. Andra är mindre, mer i form av plattor. Öppningarnas form, höjd och tjocklek kan enligt Ferguson (2005) variera, likaså mängden genomsläppande hålrum. Gemensamt för förstärkningsnät är syftet att armera och stabilisera de beläggingskonstruktioner de används i. Enligt Ferguson (2005) används de dels för att få högre tolerans mot trafik på exempelvis parkeringsplatser eller sportytor. De används också i branta sluttningar för att hindra erosion av ytbeläggning. Vidare skriver Ferguson (2005) att bärighet hos en förstärkt gräs- eller grovkornig materialkonstruktion kan öka, genom att tryck ovanifrån fördelas över den rutnätade plattan och på så vis över en större yta. Det sker även stabilisering plattorna emellan, genom att de stöttar upp varandra. Ökad tolerans mot kompaktering gör att förstärkta ytor trots viss belastning kan bevara utseende, porositet, genomsläpplighet och gasutbyte. Enligt Århus kommun (2011) består förstärkningsnäts totala yta vanligen av mer än 75% öppning. Ferguson (2005) skriver att materialet kan tillverkas av återvunnen plast och tenderar att inte absorbera fukt eller påverkas av kemikalier eller frys- och smältprocesser. Materialet har låg vikt och är därför smidig att transportera och anlägga. Vissa modeller kan läggas ovanpå, andra måste förankras i konstruktionens överbyggnad. Marknadens modeller tål olika stor påfrestning och montering utförs på olika sätt. Det är därför lämpligt att ha dialog med en eller flera leverantörer innan val av produkt och tillvägagångssätt. Företaget Byggros är verksamt i Sverige och säljer förstärkningsmodellen Ecoblock® i flera olika varianter (Byggros 2013). Modellen Ecoblock® E50, se figur 14, är deras kraftigaste variant och kan enligt företaget belastas med upp till 20 tons axeltryck (Byggros 2013).



Figur 14: Fotografi föreställande Ecoblock® E50 (Annika Ritzman 2013).

7.3.2 Användning

Enligt Århus kommun (2011) kan denna typ av beläggning vanligen användas på parkeringsplatser och som förstärkning i vegetationsytor.

7.3.3 Konstruktion

Vid användande av grovkornigt material som fyllnadsmaterial i förstärkningsnäts öppningar är det enligt Ferguson (2005), precis som på ytor med obundna grovkorniga material, viktigt att det grovkorniga materialet är sorterat och består av kantiga partiklar. Då gräs används som fyllnadsmaterial är det lämpligt att använda en sanddominerad jord att plantera eller så gräset i. På så sätt skapas en ytbeläggning med större tolerans för kompaktering och bättre luftnings- och dräneringsegenskaper än vad en finkorning jord hade skapat. Vidare skriver Ferguson (2005) att förstärkningars hålrumindelning till viss del påverkar jordens vattenhållande kapacitet negativt och det är därför mycket viktigt att etableringsbevattna, speciellt om jorden i öppningarna är sanddominerad. Innan etablering bör ytan enligt Ferguson (2005) inte belastas. Enligt Svenskt Vatten (2011) är det viktigt att gräsets rotparti och tillhörande jord inte ligger för högt upp i hålrummet, då belastning kan orsaka kompaktering av dess jord, se figur 15.

7.3.4 Underhåll

En undersökning som Lindsey (1999 se Ferguson 2005, s. 287) presenterar visar att underhållet av en genomsläpplig gräsyta med förstärkningsnät i USA under en 20-årsperiod kostade 40% mindre än underhållet av en tät asfaltsyta under samma period. Hos den förstärkta gräsytan bestod då underhållet av bland annat gräsklippning, gödsling och bevattning.



Figur 15: Fotografi föreställande gräsyta med förstärkningsnät (Agnes Kristiansson 2011).

7.4 Cast Iron Græsarmering

7.4.1 Vad är det?

Cast Iron Græsarmering är förstärkande galler av gjutjärn med öppningar, se figur 16. Företaget *GH form* (u.å.) tillverkar och säljer modellen och menar att produkten har som syfte att armera och stabilisera ytmaterialet i den beläggningskonstruktionen den används i. Enligt *GH form* (u.å.) består modellens totala yta av 80% öppning och öppningarna kan fyllas med grovkornigt material eller jord- och vegetationsmaterial. Vidare skriver företaget *GH form* (u.å.) bland annat i sitt produktblad att modellen *Cast Iron Græsarmering* kan bära tunga fordon och samtidigt ge goda förutsättningar för fyllning av jord- och vegetationsmaterial, se figur 17. För att uppnå optimala förutsättningar för jord- och vegetationsmaterial bör man enligt *GH form* (u.å.) vid anläggning följa produktens monteringsanvisning. Ytor vars förstärkningsgaller av gjutjärn är fyllda av grovkornigt material kan ogräsbekämpas med brännare utan att produkten tar skada. Materialet som *Cast Iron Græsarmering* är tillverkat av kan smältas ner och återanvändas. Bortsett från ogräsbekämpning respektive gräsklippning menar *GH form* (u.å.) att beläggningar förstärkta med denna produkt fordrar lågt underhåll.



Figur 16: Fotografi föreställande förstärkningsgaller *Cast Iron Græsarmering* (*GH form* u.å.).



Figur 17: Fotografi föreställande gräsyta förstärkt av *Cast Iron Græsarmering* (*GH form* u.å.).

7.5 Beläggning med genomsläppliga fogar

7.5.1 Vad är det?

Beläggning med genomsläppliga fogar avser i detta arbete ytor där ett tätt material anlagts med porösa fogar. Det täta beläggningsmaterialet kan enligt Ferguson (2005) vara helt passivt i infiltrationsprocessen och bestå av exempelvis natursten, betong, tegel eller trä. Vidare skriver Ferguson (2005) att det är de genomsläppliga fogarna som agerar aktiva infiltratörer och de kan bestå av grovkornigt material eller jord- och vegetationsmaterial. De täta materialen, enheterna, finns i mycket varierade utseenden och kan skilja sig i bland annat färg, storlek, form och yta. Materialen kan också kombineras och/eller läggas i mönster, vilket gör att beläggningstypen har potential till stor estetisk variation. Vidare skriver Ferguson (2005) att enheters form och sätt att läggas i förhållande till varandra är en väsentlig aspekt ur bärighets- och infiltrationsperspektiv. Stabilitet fås genom att enheter hindrar varandra från att förskjutas. Ferguson (2005) väljer att dela beläggning med fog i grupperna *enheter med fördjupning*, *enheter med distansorgan*, *enheter lagda i öppet mönster*, *brett lagda enheter* och *tätt lagda enheter*.

Enheter med fördjupning är enligt Ferguson (2005) material som till stor del är lagda nära varandra med smal fog, men som genom fördjupningar i sin form skapar öppna hålrum för infiltration. Genom att enheterna till viss del ligger nära varandra skapas stabilitet i beläggningssytan, se figur 18 och 19.



Figur 18: Fotografi föreställande markstensmodell *Uni-Ecoloc®* (Starka u.å.).



Figur 19: Fotografi föreställande beläggning av *Uni-Ecoloc*® med fogar fyllda med grovkornigt material (Starka u.å.).

Enheter med distansorgan har enligt Ferguson (2005) utskjutande organ längs sidorna som gör att enheterna kan ha breda fogar mellan sig, men samtidigt ha kontakt och stötta upp varandra vid belastning, se figur 20 och 21.

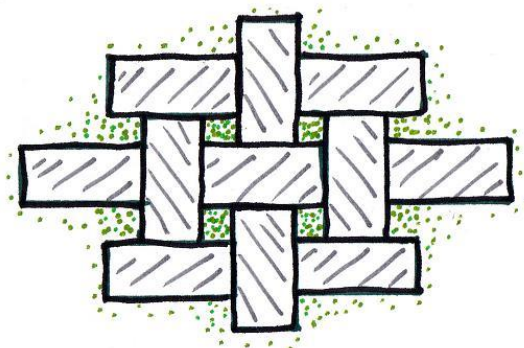


Figur 20: Fotografi föreställande markstensmodell *Siena 10 cm 233 Eco* (Starka u.å.).



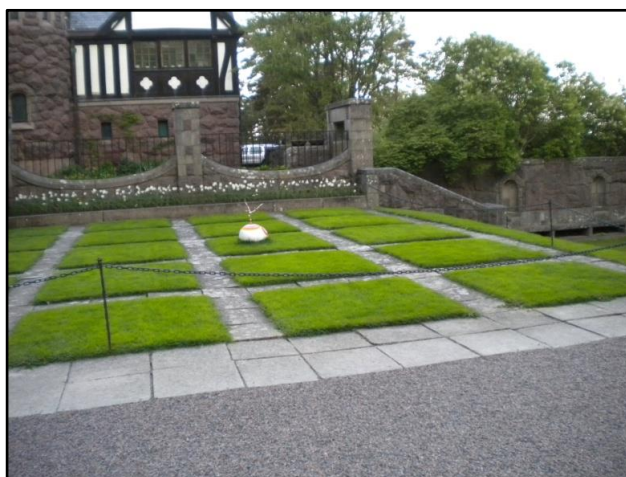
Figur 21: Fotografi föreställande beläggningsyta av *Siena 10 cm 233 Eco* med fogar fyllda av gräs (Starka u.å.).

Enheter lagda i öppet mönster syftar enligt Ferguson (2005) till ytor där man genom mönster lägger enheter, som egentligen kunnat läggas tätt, så att enheterna både har kontakt och öppningar mellan varandra, se figur 22.



Figur 22: Illustration av Annika Ritzman föreställande enheter lagda i öppet mönster.

Brett lagda enheter är enligt Ferguson (2005) enheter som är lagda med stort avstånd från varandra, se figur 23.



Figur 23: Fotografi föreställande enheter lagda med brett avstånd (Oskar Olsson 2011).

Tätt lagda enheter kallar Ferguson (2005) de ytor där enheterna är lagda med upp till ca 3 mm fog längs alla sidor, se figur 24. Dessa beläggningsytor får god stabilitet men desto sämre infiltrationskapacitet. De smala fogarna rymmer ofta endast osorterad sand, vilket resulterar i liten porositet. Enligt Hade (1987 se Ferguson 2005) har tätt lagda enheter hög avrinningskoefficient vid i princip alla regn utom dem med allra lägst intensitet.



Figur 24: Fotografi föreställande vattenansamling på markbeläggning med tätt lagda enheter (Angelica Nilsson 2011).

7.5.2 Användning

Enligt Århus kommun (2011) kan beläggning med genomsläpplig fog vanligen användas på ytor med låg trafikhastighet, gång- och cykelvägar, parkeringsplatser, infartsvägar, uppfarter, trädgårdar och som förstärkning i vegetationsytor, se figur 25. Detta menar även Ferguson (2005) som skriver att denna beläggningstyp kan användas för både gång- och fordonstrafik. Hur stor belastning beläggningensalternativet kan stå emot beror enligt Ferguson (2005) på enheternas material, form och tjocklek, i vilket mönster enheterna är lagda och på fogens bredd och innehåll.

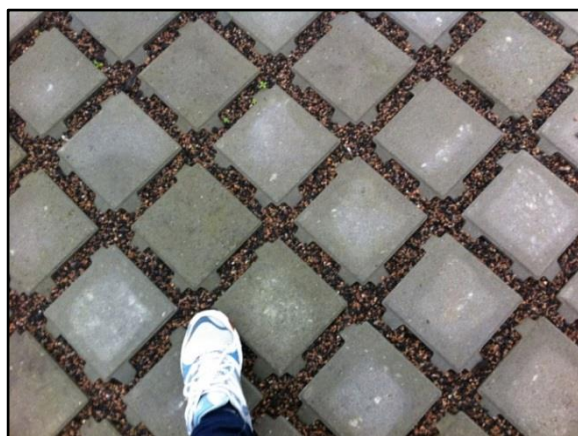


Figur 25: Fotografi föreställande parkeringsyta belagd av natursten (Brita Svensson 2012).

7.5.3 Konstruktion

Simonsen et al (2011) skriver att ökat mellanrum mellan enheter ökar ytans dränerande förmåga, se figur 26. På grund av försämrad stabilitet bör man enligt Simonsen et al (2011) dock akta sig för att anlägga enheter med för breda fogar, då man önskar att skapa en yta som skall klara belastning. Ferguson (2005) delar åsikten och skriver också att breda fogar kan försämra en ytas framkomlighet. Vidare skriver Ferguson (2005) att breda fogar kan påverka ytor med trafik, genom ökad ljudnivå från fordon och genom att

förare kan känna att fordonet vibrerar. Enheterna läggs, ofta för hand, på en överbyggnad av grovkornigt material. För att undvika framtida sättningar är de enligt Simonsen et al (2011) viktigt att underlaget är styvt. Ferguson (2005) skriver att då fogmaterial består av grovkornigt material sprids detta i fogarna och hela konstruktionen packas sedan, ofta med vibrator, så att enheterna pressas ner och låser sig med omgivande grovkornigt material. På vissa platser, där trafik eller annan belastning väntas äga rum, kan fasta kantkonstruktioner av exempelvis betong hjälpa till att hindra en beläggningsyta från rörelse. På platser med kraftig lutning finns risk att fogmaterial spolats bort (Simonsen et al 2011).



Figur 26: Fotografi föreställande betongstensyta med bred fog av grovkornigt material (Agnes Kristiansson 2012).

Struktur hos det fogmaterial som används påverkar enligt Ferguson (2005) beläggningsytans förmåga att omhänderta dagvatten. Mätningar gjorda av Borgwardt (1997 se Ferguson 2005) visar att fog bestående av partiklar med fraktion 2-5 mm infiltrerar vatten snabbare än partiklar med fraktion 1-3 mm, som i sin tur infiltrerar vatten snabbare än partiklar med fraktion 0-2 mm. Vidare skriver Ferguson (2005) att material med hög porositet också är mindre känsligt för igensättning. Dessutom menar Burak (2006 se Simonsen et al 2011) att låsningsmekaniken hos grovkornigt material med fina partiklar kan försämrats då det grovkorniga materialet infiltreras av vatten. Om fogar i en genomsläpplig beläggning skall bestå av jord- och vegetationsmaterial är det enligt Ferguson (2005), precis som i sammanhängande gräsytor och hos förstärkningsnät fyllda av gräs, viktigt att jorden domineras av sand. Detta för att behålla viss dräneringsförmåga och samtidigt bemöta vegetationens krav på växtplats. Vidare menar Ferguson (2005) att vegetationsbeksädda fogar innehållande matjord generellt sett har låg infiltrationskapacitet, men att de kan vara positiva ur fördröjningssynpunkt då vegetation till viss del kan fördröja det vatten som rinner av på ytan, se figur 27.



Figur 27: Fotografi föreställande kullerstensyta med bred gräsbeklädd fog (Angelica Nilsson 2011).

7.5.4 Underhåll

Ferguson (2005) skriver att flera undersökningar gjorda på fogarmaterial med fraktion 2-5mm, visar att infiltrationsgraden sjunker med tiden. Troligtvis beror detta till största del på att sediment som forslats via dagvatten eller som vittrats i fogen fastnar i det grovkorniga materialets porer. Faktorer som ökar hastighet för igensättning är hög trafik och låg mängd dränerande vatten. Enligt Simonsen et al (2011) har igensättning av lagda ytor traditionellt sett varit positivt, då det har en stabiliserande effekt. Dock försämrar det också enligt Simonsen et al (2011) ytans genomsläpplighet och det är därför viktigt med kontinuerligt underhåll, se figur 28. Fogar kan hållas rena genom exempelvis spolning eller sopning och vid igensättning ersättas med nytt material. Ferguson (2005) menar att dyra kostnader för material och anläggning i många fall kan kompenseras med lång potentiell livslängd.



Figur 28: Fotografi föreställande ogräsbeklädd tegelyta (Oskar Olsson 2012).

7.6 Beläggning av hålsten

7.6.1 Vad är det?

Beläggning av hålsten avser enligt Ferguson (2005) beläggningar av enheter lagda med fog. Det som skiljer denna beläggningstyp från ovan beskrivna är att utrymmet för dränering befinner sig inom enheterna i form av en eller flera genomgående öppningar, se figur 29 och 30. Ferguson (2005) menar att ursprungsmodellerna uppfanns i Tyskland på 1960-talet och att de tillverkas i fabrik genom gjutning. Materialet består av betong eller tegel. Konceptet liknar förstärkningsnät och förstärkningsgaller och de genomgående öppningarna kan även här fyllas med grovkornigt material eller jord- och vegetationsmaterial. Hålstenar kan läggas med smal fog och på så vis tåla betydande mängd belastning. Denna beläggningstyp har därmed potential att vara både stabil och genomsläpplig. För att kunna möta efterfrågan på strukturella, miljömässiga och kostnadseffektiva lösningar har branschen enligt Ferguson (2005) utvecklat flera olika modeller. Vidare skriver Ferguson (2005) att det bland annat har handlat om efterfråga på enheter med förbättrad framkomlighet, höga utseende- och underhållsvärden och på de genomgående öppningarnas form och storlek. Modellerna har med andra ord olika egenskaper och Ferguson (2005) menar att de dyrare modellerna ofta betalar sig genom längre hållbarhet. Enligt Århus kommun (2011) består enhetens totala yta vanligen av 10-75% öppning.



Figur 29: Fotografi föreställande hålstensmodellen *Gräsarmering Hansa* (S:t Eriks u.å.).



Figur 30: Fotografi föreställande hålstensmodellen *Gräsarmering Birka* (S:t Eriks u.å.).

7.6.2 Användning

Enligt Århus kommun (2011) kan denna typ av beläggning vanligen användas på parkeringsplatser, infartsvägar, uppfarter och som förstärkning i vegetationsytor, se figur 31.



Figur 31: Fotografi föreställande parkeringsyta belagd med gräsarmering (Brita Svensson 2011).

7.6.3 Konstruktion

Enligt Ferguson (2005) ges ofta specifika riktlinjer för installation hos hålstensmodellens tillverkare eller återförsäljare. För att förhindra sättningar och sprickbildningar, är det viktigt att enheterna läggs på ett bärlager med lämplig struktur. För att ge extra stöd åt beläggningssytan kan det vid fall av kraftig belastning, eller vid sluttande ytor, vara lämpligt att anlägga fasta kantkonstruktioner vid ytans kanter respektive slutningens nedre ände. Enligt Svenskt Vatten (2011) är det viktigt att det material som fylls i hålstenens genomgående öppningar inte fyller hela utrymmet, då belastning från fordon och andra trafikanter skall ske på stenen och inte på dess fyllning. Vidare skriver Svenskt Vatten (2011) att hålrum som fylls med för mycket material riskerar att packas av belastning ovanifrån. Det är extra viktigt att undvika detta då fyllningen består av jord- och vegetationsmaterial. Även om jorden är sanddominerad kan fyllnadsmaterialet bli så packat att ingen infiltration kan ske, se figur 32. Ferguson (2005) skriver samtidigt att hålrum som fylls med för lite grovkornigt material eller jord- och vegetationsmaterial kan försämra ytans framkomlighet. En studie gjord på trafikutsatta gräsytor respektive trafikutsatta hålstensarmerade gräsytor visar att armeringen inte orsakade kraftig kvalitetsförsämring på gräset, utan armeringen skyddade gräset från slitskador. Dessutom återhämtade det armerade gräset sig enligt undersökningen bättre än det ickearmerade. Detta hävdar Ferguson (2005) troligtvis beror på att den hålstensarmerade ytan undgått packningsskador.



Figur 32: Fotografi föreställande beläggningsyta av hålstenar fyllda med jord och skadat vegetationsmaterial (Annika Ritzman 2013).

7.6.4 Underhåll

Ferguson (2005) menar att en beläggning av enheter med öppningar fyllda med gräs kräver samma underhåll som en gräsyta. Med andra ord underhåll i form av bland annat klippning, gödsling, bevattning, luftning, dressning och återställning. På grund av öppningarnas låga fukthållande förmåga är det, precis som vid nyetablering av gräsytor, viktigt att etableringsbevattna. Enheter som fylls med grovkornigt material bör enligt Svenskt Vatten (2011) fyllas med makadam i partikelstorlek 2-4 mm. Då en yta utgör en del av ett större byggnadsprojekt är det enligt Svenskt Vatten (2011) viktigt att ytan skyddas från damm och andra fina partiklar under byggtiden. Vidare skriver Svenskt Vatten (2011) att fyllning vars infiltrationskapacitet kraftigt reducerats bör bytas ut. Dessutom menar Svenskt Vatten (2011) att ytor med denna beläggningstyp bör ha viss lutning, så att vatten inte utgör risk om de fyllda öppningarna sätts igen. Ferguson (2005) menar att ogräs kan gro i grovkornigt material på lågt trafikerade ytor och eventuellt behöva avlägsnas.

7.7 Genomsläpplig betong

7.7.1 Vad är det?

Genomsläpplig betong, också kallad porös betong, är enligt Simonsen et al (2011) en blandning av grovkornigt material och cement. Enligt Ferguson (2005) består övervägande del av stenmaterial medan cementet, som binder materialet samman, utgör en mindre del. Vidare menar Ferguson (2005) att genomsläpplig betong, rent kemiskt, är identiskt med tät betong. Det som skiljer dem åt är att det grovkorniga materialet i den genomsläppliga blandningen är sorterat, vilket gör att hålrum för dränering skapas i betongkonstruktionen. Ett villkor är också att partiklarna i det grovkorniga materialet är kantigt. Enligt Århus kommun (2011) tillsätts bland annat sand i tät betong, vilket utesluts vid tillverkning av genomsläpplig betong. Framställningen innebär enligt Ferguson (2005) att cement blandas med vatten och bildar en flytande pasta. Pastan blandas med det grovkorniga, sorterade materialet och får härda tills det stelnat. Resultatet blir då ett hårt material där cementet lagt sig som ett skal runt och mellan det grovkorniga materialet. Tät betong har enligt Ferguson (2005) använts som beläggningmaterial sedan 1865, medan genomsläpplig betong började användas som beläggningmaterial först efter andra världskriget. Genomsläpplig betong är en mycket stabil beläggningstyp. Strukturen hos det grovkorniga materialet är avgörande för beläggningstypens egenskaper. Strukturen avgör hur framkomlig, dränerande och stabil ytan kommer att bli. Genomsläpplig betong har enligt Ferguson (2005) potential att kunna belastas med ca 900kg per 6,5 cm². Detta kan jämföras med tät asfalt vars belastningskapacitet vanligen mäts till ca 1600kg per 6,5 cm² eller mer. Viktigt att lägga till, är att Ferguson (2005) senare skriver att undersökningar visar att stabilitet hos genomsläpplig betong till viss del försämras i klimat där de ofta utsätts för frys- och smältprocesser. Stark (1986 se Ferguson 2005) skriver att genomsläppliga betongytor, till skillnad från exempelvis asfalt, har en ljus färg som lättare uppfattas i mörker. Detta möjliggör minskning av gatubelysning med 30% eller mer. Ferguson (2005) menar att den ljusa färgen teoretiskt sett också har potential att ha mindre benägenhet att absorbera värme. Genomsläpplig betong skulle således i mindre grad bidra till urbana värmeöar än vad mörka beläggningssytor gör. Beläggningstypen har dessutom bullerdämpande förmåga och kan i tillverkningskedet färgas i olika färger. Beläggningstypen får enligt Århus kommun (2011) vanligen en struktur där 15-25% består av luftfyllda porer. Ferguson (2005) skriver att en studie av föroreningskoncentration i avrinnande dagvatten gjorts mellan genomsläpplig och tät betong i USA. De ämnen som observerades var fosfor, kväve, koppar och järn. Samtliga koncentrationer var lägre i det vatten som fördröjts i den genomsläppliga betongytan än i det vatten som runnit av från den täta betongytan.

7.7.2 Användning

Enligt Århus kommun (2011) kan denna typ av beläggning vanligen användas på ytor med låg trafikhastighet, gång- och cykelvägar, parkeringsplatser, infartsvägar, uppfarter och som förstärkning i vegetationsytor. Ferguson (2005) skriver att det grovkorniga materialets storlek påverkar framkomligheten hos ytan. Den oftast förekommande fraktionen är tillräckligt jämn för att kunna användas av bilar, cyklar och rullstolar. Desto svårare kan det vara att beträda ytan med kundvagn eller smala klackskor.

7.7.3 Kostnader

Kostnaderna för genomsläpplig betong är enligt Ferguson (2005) idag högre än för traditionell tät betong. Detta på grund av att genomsläpplig betong kräver mer cement än tät betong, vilket är den kostsamma komponenten i denna beläggningstyp. Dessutom menar Ferguson (2005) att anläggningsförloppet är mer komplext, vilket ger ökad anläggningskostnad genom ökat behov av tid och erfaren arbetsstyrka. Dock har genomsläpplig betong, precis som många andra genomsläppliga beläggningskonstruktioner, till sin kostnadsmissiga fördel att den kan reducera kostnader som annars hade uppstått för inköp, anläggning och underhåll av andra dagvattensystem.

7.7.4 Konstruktion

Minsta tjocklek på en genomsläpplig betongyta är enligt Ferguson (2005) ca 15 cm, tyngre trafik kräver tjockare lager än så. Det finns möjlighet att öka toleransen, mot bland annat tryck ovanifrån och temperaturväxlingar, genom att förstärka konstruktionen med metall eller fibrer. För all konstruktion av genomsläpplig betong innebär felaktig betongblandning eller bristfälligt anläggningsförlopp att den hydrauliska kapaciteten kraftigt kan reduceras. Enligt Århus kommun (2011) bör den genomsläppliga betongens struktur ha högre hydraulisk kapacitet än väntat behov, då det trots korrekt underhåll är omöjligt att undvika att kapaciteten minskar med tiden. Sprickor kan enligt Ferguson (2005), precis som i tät betong, uppkomma i genomsläpplig betong. För att minska uppkomst av sprickor bör ytan förses med en eller flera rörliga fogar. Vidare skriver Ferguson (2005) att korrekt utförda ytor av genomsläpplig betong tenderar att kräva lite underhåll sett till att den har förhållandevis lång livslängd. En nackdel med beläggningstypen är att materialet, som bredds ut på plats och härdar som stora sammanhängande partier, försvårar framkomlighet vid behov av underjordiskt arbete. Beläggningen kan skäras upp, men kommer då att behöva ersättas av nytt material.

7.7.5 Underhåll

Vidare skriver Århus kommun (2011) att underhåll till viss del kan förbättra den hydrauliska kapaciteten hos en genomsläpplig betongyta, men aldrig göra att den återgår till den kapacitet som gällde vid livscykelns start. Enligt Ferguson (2005) kan beläggningstypen sättas igen av icke organiskt material som exempelvis sand och fina

partiklar. Den kan också sättas igen av organiska material som exempelvis barr, löv och mossor. Underhåll kan innebära rengöring med högtryckstvätt eller genom vakumsugning. Skall ytan snöhanteras med plog bör plogbladet enligt Ferguson (2005), precis som vid snöhantering på grovkorniga material- och gräsytor, inte vila direkt på ytan.

7.8 Genomsläpplig asfalt

7.8.1 Vad är det?

Ferguson (2005) menar att begreppet *asfalt* avser grovkornigt material bundet med asfaltmassa. Asfaltmassan lägger sig, likt cement, som ett skal runt och mellan det grovkorniga materialet då komponenterna blandas. Det som skiljer *genomsläpplig asfalt* från tät asfalt är att det grovkorniga materialet i genomsläpplig asfalt är sorterat och frånvaron av fina partiklar gör att porer uppstår. Mängden porer brukar enligt Århus kommun (2011) uppgå till ca 25%. Vidare skriver Århus kommun (2011) att det ursprungliga syftet vid framtagandet av genomsläpplig asfalt var att dämpa trafikbuller, följt av att ur säkerhetssynpunkt kunna dränera väg- och landningsbanor. Att genomsläpplig asfalt kan dämpa buller och öka trafiksäkerhet menar även Ferguson (2005). Ferguson (2005) menar att körbanor av genomsläpplig asfalt har bättre förutsättningar att behålla friktion mellan fordon och beläggningsyta än våta körbanor. Dessutom minskar dränerade asfaltsytor förekomst av försämrad sikt, som annars uppkommer genom vattenstänk från hjul och reflektioner från strålkastarljus. Vidare skriver Ferguson (2005) att dessa positiva effekter på buller och trafiksäkerhet minskar i samma takt som en yta sätts igen av finpartiklar. En undersökning av bullerreducering hos genomsläppliga asfaltsytor med hög trafikhastighet respektive genomsläppliga asfaltsytor med låg trafikhastighet har tidigare genomförts. Resultatet visade att den bullerdämpande effekten som fanns hos ytor med hög trafikhastighet reducerades i långsammare takt än jämförd yta. Detta tror Ferguson (2005) beror på att fordon med hög hastighet, vid kraftiga regn, kan hjälpa till att pressa vatten ner i poren och på så vis spola bort finpartiklar och sänka hastigheten för igensättning. Hur slitstark en beläggning av genomsläpplig asfalt blir beror enligt Bäckström och Forsberg (1998) på det grovkorniga materialets fraktion, stentyp och bindningsmedel. Enligt Wågberg (1987 se Bäckström och Forsberg 1998) visar erfarenheter att genomsläpplig asfalt är lika slitstark som tät asfalt. Enligt Larm (1994) har genomsläpplig asfalt, förutsatt att den är byggd på någon typ av dränerande överbyggnad, god förmåga att kunna behandla föroreningar i avsmältande snö. Enligt Ferguson (2005) kan stora delar av dagvattnets medföljande föroreningar, bland annat zink, koppar, kadmium och bly, fastna och sedan lagras i asfaltslagret. Enligt Larm (1994) är beläggningstypen ett relativt kostnadseffektivt alternativ. Material, anläggning och underhåll utgör en större kostnader än vid användning av tät asfalt, men det jämnas ut genom att behovet av andra kostsamma lösningar för omhändertagande av dagvatten minskas.

7.8.2 Användning

Enligt Århus kommun (2011) kan denna typ av beläggning vanligen användas på landningsbanor, starkt trafikerade ytor, ytor med hög trafikhastighet, ytor med låg trafikhastighet, parkeringsplatser och gång- och cykelbanor. Enligt Ferguson (2005) har

genomsläpplig asfalt använts på flygfält och motorvägar sedan mitten av 1950-talet. Larm (1994) menar dock att denna beläggningstyp kräver ytor med låg trafikmängd. Vidare skriver Larm (1994) att platsen för genomsläpplig asfalt max bör luta 5% och att den kräver djupa och genomsläppliga jordar. Enligt Stahre (2004) är mottagligheten för igensättning av små partiklar så stor att genomsläpplig asfalt endast bör användas på gator med måttlig trafik. Måttligt trafikerade ytor, med vissa underhållsinsatser, kan hållas välfungerande i 15-20 år. Hårt trafikerade ytor tenderar att sättas igen efter endast 5-6 år. Ferguson (2005) hävdar däremot att det kan vara fördelaktigt att låta en yta brukas av hård trafik då porerna i asfaltsytan är förhållandevis stora. Fordon kan vid kraftiga regn då hjälpa till att pressa vatten ner i poren och på så vis spola bort finpartiklar.

7.8.3 Konstruktion

Det grovkorniga material som används i genomsläpplig asfalt behöver enligt Ferguson (2005), precis som i genomsläpplig betong, bestå av kantiga, hårda och sorterade partiklar. Proportionerna mellan grovkornigt material och asfaltsmassa anpassas enligt Bäckström och Forsberg (1998) efter väntad trafikbelastning. Trafikbelastningen avgör också hur tjockt det genomsläppliga asfaltslagret och överbyggnaden behöver vara. För att optimera potentialen för omhändertagande av dagvatten bör beläggningstypen enligt Bäckström och Forsberg (1998) anläggas på en bädd av makadam. Enligt Larm (1994) bör konstruktionen innehålla dräneringsrör. Bäckström och Forsberg (1998) menar att dräneringsrör inte är nödvändigt om terrassmaterialet har god perkolationskapacitet. Enligt Århus kommun (2011) har beläggningsytan traditionellt sett bestått av ett lager genomsläpplig asfalt. Ny teknik går ut på att man lägger beläggningen i två lager. Det undre asfaltslagret innehåller då en större fraktion, exempelvis 11-22 mm, av det grovkorniga sorterade materialet och det övre asfaltslagret innehåller en mindre fraktion, exempelvis 5-8 mm, av det grovkorniga sorterade materialet.

7.8.4 Underhåll

För att behålla hålrum i genomsläpplig asfalt öppna, menar Larm (1994) att underhåll är mycket viktigt. Trafiktyp och trafikbelastning är faktorer som enligt Svenskt Vatten (2011) påverkar hur snabbt en genomsläpplig asfaltsyta sätts igen. Enligt Schueler et al (1992 se Larm 1994) sattes 75% av de genomsläppliga asfaltsytorna i Maryland, USA, igen inom 5 år. Dock menar Ferguson (2005) att många äldre anläggningar drabbats av igensättningar på grund av bristfälliga material- och konstruktionstekniker. Enligt Larm (1994) bör rengöring vanligen ske en gång vartannat år och kan utföras med högtryckstvätt. Enligt Ferguson (2005) kan rengöring också utföras med vakumsug. Bekämpning av halka bör enligt Svenskt Vatten (2011) inte utföras med finkornigt material, utan grovkornigt material av fraktionen 2-8 mm bör i så fall användas. Bäckström och Forsberg (1998) delar den åsikten, men skriver också att halkbekämpning med grovkornigt material endast kan göras på trafikerade ytor med låg hastighet. Vidare

skriver Bäckström och Forsberg (1998) att saltning rent tekniskt är möjligt, men att det är osäkert i vilken grad vägsaltet tar sig ner till grundvattnet eller till recipient. Vägsalt tenderar att bidra till ökad igensättning i beläggningstypen och har på genomsläpplig asfalt sämre halkbekämpande effekt än på tät asfalt. Då en genomsläpplig asfalt nått slutet av sin livscykel är det enligt Huber (2000 se Ferguson 2005) möjligt att fräsa loss lagret, värma upp det och återvinna det på plats. Vidare menar Huber (2000 se Ferguson 2005) att återvunnet material kan uppnå samma infiltrationskapacitet som nytt material.

8. Sammanställning av del 7

8.1 Genomsläppliga beläggningstyper och dess egenskaper

För att få överblick över litteraturstudiens resultat gällande de olika *beläggningstypernas egenskaper*, följer här 4 stycken sammanställande tabeller där jag i totalt 13 stycken kolumner prioriterat innehåll som jag själv anser är extra relevant. Tabellerna sammanfattar egenskaper beskrivna i del 7 och sammanfattar därmed inte de egenskaper som de bär gemensamt (beskrivna i del 6). För tydlighetens skull redovisas referenser i dessa 4 tabeller med fotnoter.

Tabell 4: Sammanfattning av litteraturstudiens resultat gällande de olika beläggningstypernas användningsområden, hydraulisk konduktivitet, avrinningskoefficient och belastningskapacitet

Beläggningstyp	Användning	Hydraulisk konduktivitet mm/h	Avrinningskoefficient	Belastning
Gräsytor	Parkeringsplatser, helikopterplattor, amfiteatrar, idrottsplatser, golfbanor, trädgårdar, parker ¹ .	Ingen uppgift	0.05-0.53 ¹	Viss trafikbelastning ¹ .
Grovkornigt material	Gångbanor, torg, uppfarter, extensivt använda parkeringsplatser, uppställningsplatser för mindre objekt ¹ , infartsvägar, som förstärkning i vegetationsytor, lekplatser ² .	50-3000 ²	0.30-0.70 ¹	Låg trafikbelastning ¹ .
Förstärkningsnät av plast	Parkeringsplatser, sportytor ¹ , som förstärkning i vegetationsytor ² .	50-3000 ²	Ingen uppgift	Varierar mellan modeller ¹ . Potential att belastas med 20 tons axeltryck ⁵ .
Cast Iron Gräsarmering	Ingen uppgift	Ingen uppgift	Ingen uppgift	Tunga fordon ⁶ .
Beläggning med genomsläppliga fogar	Ytor med låg trafikhastighet, gång- och cykelvägar, parkeringsplatser, infartsvägar, uppfarter, trädgårdar, som förstärkning i vegetationsytor ² .	100-9000 ²	Ingen uppgift	Beror på material, form och tjocklek, i vilket mönster enheterna är lagda och på fogens bredd och innehåll ¹ .
Beläggning av hålsten	Parkeringsplatser, infartsvägar, uppfarter, som förstärkning i vegetationsytor ² .	50-3000 ²	0.00-0.56 ¹	Tål betydande mängd belastning ¹ .
Genomsläpplig betong	Ytor med låg trafikhastighet, gång- och cykelvägar, parkeringsplatser infartsvägar, uppfarter, som förstärkning i vegetationsytor ² .	10 000 ²	Ingen uppgift	Beror på struktur hos det grovkorniga materialet. Potential att belastas med 900 kg per 6,5 cm ² , dock mindre i kallt klimat ¹ .
Genomsläpplig asfalt	Landningsbanor, starkt trafikerade ytor, ytor med hög trafikhastighet, ytor med låg trafikhastighet, parkeringsplatser, gång- och cykelbanor ² , ytor med låg trafikmängd ³ , gator med måttlig trafik ⁴ .	5000 ²	0.12-0.29 ¹	Ingen uppgift

¹ Ferguson (2005)

² Århus kommun (2011)

³ Larm (1994)

⁴ Stahre (2004)

⁵ Byggros (2013)

⁶ GH form (u.å.)

⁷ Simonsen et al (2011)

⁸ Bäckström och Forsberg (1998)

⁹ Svenskt Vatten (2011)

Tabell 5: Sammanfattning av litteraturstudiens resultat gällande de olika beläggningstypernas underhållsbehov, konstruktion och snöhantering

Beläggningstyp	Underhållsbehov	Konstruktion	Snöhantering
Gräsytor	Klippning, gödsling, bevattning, luftning, dressning, återställning, bekämpning av skadedjur eller sjukdomar ¹ .	Kan jordpackas ¹ .	Snöslunga el. plog buren av medar el. band. Plogbladet bör ej vila direkt på gräsyta. Grässort med salttolerans vid ev. saltning ¹ .
Grovkornigt material	Utjämning av yta, ev. ogräsbekämpning ¹ .	Lätt att reparera skador. Kan behöva inramning för att hålla materialet på plats ¹ .	Varsam plogning, plogblad bör ej vila direkt på grovkornigt material ¹ .
Förstärkningsnät av plast	Etableringsbevattning, gräsklippning, gödsling, bevattning ¹ .	Kan ha låg vattenhållande kapacitet. Bör ej belastas under etablering ¹ . Felaktig anläggning kan resultera i packskador hos fyllnadsmaterial ⁹ . Korrekt anläggning kan ge ökad tolerans mot kompaktering ¹ .	Ingen uppgift
Cast Iron Græsarmering	Ogräsbekämpning, gräsklippning ⁶ .	Viktigt att följa produktens monteringsanvisning ⁶ .	Ingen uppgift
Beläggning med genomsläppliga fogar	Spolning, sopning, ersättning av fogmaterial vid igensättning ⁷ .	Kan läggas i mönster. Ytan ramas lämpligen in för ökad stabilitet ¹ .	Ingen uppgift
Beläggning av hålstén	Etableringsbevattning, klippning, gödsling, bevattning, luftning, dressning, återställning, bekämpning av skadedjur eller sjukdomar, ev. ogräsbekämpning, då ogräs kan etableras i fyllning av grovkornigt material ¹ .	Kan behöva inramning för att hålla materialet på plats ¹ . Felaktig anläggning kan resultera i packskador hos fyllnadsmaterial ⁹ . Kan vid korrekt anläggning skydda jord- och vegetationsfyllning från pack- och slitskador ¹ .	Ingen uppgift
Genomsläpplig betong	Rengöring med högtryckstvätt eller genom vakumsugning ¹ .	Komplext anläggningsförlopp som kräver erfaren arbetsstyrka. Felaktig anläggning kan resultera i kraftigt reducerad infiltrationsförmåga ¹ .	Plogblad bör ej vila direkt på betongyta ¹ .
Genomsläpplig asfalt	Rengöring en gång vartannat år med högtryckstvätt ³ eller genom vakumsugning ¹ .	Bör innehålla dräneringsrör ³ . Dock ej nödvändigt om terrassmaterialet har god perkolationskapacitet ⁸ .	Halkbekämpning bör ej utföras med finkornigt material ⁹ . Vägsalt tenderar att bidra till igensättning ⁸ .

¹ Ferguson (2005)

² Århus kommun (2011)

³ Larm (1994)

⁴ Stahre (2004)

⁵ Byggros (2013)

⁶ GH form (u.å.)

⁷ Simonsen et al (2011)

⁸ Bäckström och Forsberg (1998)

⁹ Svenskt Vatten (2011)

Tabell 6: Sammanfattning av litteraturstudiens resultat gällande de olika belägningstypernas reningskapacitet, krav på omgivning, hållbarhet och kostnad

Belägningstyp	Rening	Krav på omgivning	Hållbarhet	Kostnad kr/m ²
Gräsytor	God effekt på sedimenterbara partiklar, tungmetaller, samt viss effekt på närsalter ³ .	Max 5% lutning för optimal infiltration ³ .	Kan ta skada av vissa föroreningar ³ .	39 ²
Grovkornigt material	Ingen uppgift	Ej brant lutning ¹ .	Översta slitlagret kan behöva bytas ut om igensättning blir kraftig ¹ .	39-67 ²
Förstärkningsnät av plast	Ingen uppgift	Ingen uppgift	Ingen uppgift	235 ² (gräsfyllda)
Cast Iron Gräsarmering	Ingen uppgift	Ingen uppgift	Ingen uppgift	Ingen uppgift
Belägning med genomsläppliga fogar	Ingen uppgift	Bör ej anläggas i kraftiga lutningar ⁷ .	Lång potentiell livslängd ¹ .	448 ²
Belägning av hålsten	Ingen uppgift	Ingen uppgift	Ingen uppgift	364-476 ² (gräsfyllda)
Genomsläpplig betong	Viss reningseffekt på fosfor, kväve, koppar och järn ¹ .	Ingen uppgift	Förhållandevis lång livslängd ¹ .	364-588 ²
Genomsläpplig asfalt	Potentiell god förmåga att behandla föroreningar i avsmältande snö ³ .	Kräver djupa, genomsläppliga jordar och bör max luta 5% ³ .	Beror på det grovkorniga materialets fraktion, stentyp och bindningsmedel ¹ . Ytor med måttlig trafik kan nå livslängd på 15-20 år. Hårt trafikerade ytor; 5-6år ⁴ .	235-258 ² (ett lager) 308-420 ² (två lager)

¹ Ferguson (2005)

² Århus kommun (2011)

³ Larm (1994)

⁴ Stahre (2004)

⁵ Byggros (2013)

⁶ GH form (u.å.)

⁷ Simonsen et al (2011)

⁸ Bäckström och Forsberg (1998)

⁹ Svenskt Vatten (2011)

Tabell 7: Sammanfattning av litteraturstudiens resultat gällande de olika beläggningstypernas framkomlighet och ytterligare egenskaper

Beläggningstyp	Framkomlighet	Ytterligare egenskaper
Gräsytor	Ingen uppgift	Hög acceptans hos allmänheten ³ . Kan sänka temperatur lokalt. Absorberar ljud och ljus ¹ . Låg infiltrationskapacitet under etableringsperiod ³ .
Grovkornigt material	Varierar mellan fraktion och partikelform ¹ .	Varierat material, färg och form. God resistens mot frostsador. Lämplig då ytan är i behov att kunna röra sig. Dämpande effekt som fallskyddsunderlag ¹ .
Förstärkningsnät av plast	Ingen uppgift	Finns i flera modeller. Materialet har låg vikt, kan tillverkas av återvunnen plast, tål kemikalier och frys- och smältprocesser. Kan stabilisera material i branta sluttningar ¹ .
Cast Iron Græsarmering	Ingen uppgift	Materialet kan återvinnas. Kan ogräsbekämpas med brännare ⁶ .
Beläggning med genomsläppliga fogar	Breda fogar kan försämra en ytas framkomlighet ¹ .	Enheterna kan skilja sig i färg, storlek, form och yta. Breda fogar kan ge ökad ljudnivå och vibration för trafikförare ¹ .
Beläggning av hålsten	Olika modeller ger olika god framkomlighet. Framkomligheten kan försämrans om hålrum fylls med för lite fyllnadsmaterial ¹ .	Finns i flera modeller. Ytan har potential att vara både stabil och genomsläpplig ¹ .
Genomsläpplig betong	Beror på strukturen hos det grovkorniga materialet. Vanligen jämn nog att beträdas av bilar, cyklar och rullstolar. Mindre lämplig att beträda med kundvagn eller smala klackskor ¹ .	Dess ljusa färg kan minska behov av gatubelysning med 30%. Skulle teoretiskt sätt i mindre grad bidra till effekter av urbana värmeöar än vad mörka beläggningssytor gör. Vid tillverkningskedet kan materialet färgas i olika färger. Sprickor kan uppkomma. Materialet försvårar framkomlighet till underjordiskt arbete ¹ .
Genomsläpplig asfalt	Ingen uppgift	Kan dämpa buller och öka trafiksäkerhet. Materialet kan återanvändas ¹ .

¹ Ferguson (2005)

² Århus kommun (2011)

³ Larm (1994)

⁴ Stahre (2004)

⁵ Byggros (2013)

⁶ GH form (u.å.)

⁷ Simonsen et al (2011)

⁸ Bäckström och Forsberg (1998)

⁹ Svenskt Vatten (2011)

9. Analys

9.1 Faktorer att ta hänsyn till vid val av genomsläpplig beläggningstyp

För att få överblick över litteraturstudiens resultat gällande de *faktorer som bör tas hänsyn till vid val av genomsläpplig beläggningstyp*, följer här en sammanställande tabell där jag utan inbördes ordning staplat 17 stycken faktorer. Jag har själv tolkat faktorerna baserat på prioriteringar av innehåll ur litteraturstudiens delar 6 och 7. Tabellen berör inte faktorer som påverkar om genomsläpplig beläggning skall användas eller inte. Inte heller på faktorer som påverkar utformning av överbyggnadskonstruktion.

Tabell 7: Sammanfattning av litteraturstudiens resultat gällande de faktorer som bör tas hänsyn till vid val av genomsläpplig beläggningstyp och vad faktorerna bland annat baseras på

Faktor	Bland annat baserat på att...
Klimat	<ul style="list-style-type: none"> - Olika beläggningstyper kan hantera olika föroreningar olika bra (se faktor <i>Förväntade föroreningar och reningsbehov</i> nedan) och olika klimat genererar dagvatten med olika hög koncentration av föroreningar. I snösamlingar lagras enligt Viklander och Bäckström (2008) föroreningar, vilket gör att koncentration av föroreningar i smältvatten är högre i områden som varit snötäckta under en längre tid än i områden som varit snötäckta under en kortare tid. - På grund av de rörelser som frysans och tinande vattenmolekyler ger upphov till föreslår Ferguson (2005) att man i kalla klimat använder sig av beläggningmaterial som tillåter rörelse. - Vid val av gräsart bör enligt Ferguson (2005) platsens klimat ses över, såsom temperatur, skugga och fukt. - Jämfört med osorterat grovkornigt material kan sorterat grovkornigt material enligt Ferguson (2005) ha större resistens mot frostsador, genom att de inte innehåller lika stor andel små fukthållande porer.
Topografi	<ul style="list-style-type: none"> - Obundet grovkornigt material i branta lutningar enligt Ferguson (2005) riskerar att eroderas av trafik eller avrinning. - För att infiltration skall vara effektiv bör lutningen på en gräsyta enligt Schueler et al (1992 se Larm 1994) inte överstiga 5%. - Förstärkningsnät av plast används i branta sluttningar för att hindra erosion av ytbeläggning (Ferguson 2005). - På platser med kraftig lutning finns risk att fogmaterial spolats bort (Simonsen et al 2011).
Underjordiska förhållanden	<ul style="list-style-type: none"> - Ferguson (2005) menar att tillfällen då grovkornigt material är extra lämpligt är då ytan är i behov att kunna röra sig. Detta kan exempelvis vara då terrassen sväller, under perioder av tjäle, på ytor med trädrötter och på platser där terrassen är lucker.
Funktion	<ul style="list-style-type: none"> - Ferguson (2005) skriver att obundet grovkornigt material inte är lämpligt att använda på ytor som förväntas belastas av tung trafik eller av fordon i behov av att ofta flyttas och vridas - En gräsyta som brukas hårt kan lätt slitas och behöva kompletteras, speciellt då slitningen sker frekvent på samma punkt (Ferguson 2005). - Fordonstrafik kan enligt Ferguson (2005) packa ytor av grovkornigt material lokalt. - Rundade partiklar av grovkornigt material på lekplatser fungera som stötdämpning samtidigt som det har en dränerande förmåga (Ferguson 2005).

Faktor	Bland annat baserat på att...
Behov av belastningskapacitet	<ul style="list-style-type: none"> - Ferguson (2005) skriver att belastning och slitage från fordon dels kan skada själva gräsmaterialet, men också packa överbyggnadens porer så att infiltrations- och perkolationsförmågan försämras. - Beläggning av grovkornigt material bör lämpligen endast används för låg trafikbelastning (Ferguson 2005). - Marknadens modeller av förstärkningsnät av plast tål enligt Ferguson (2005) olika stor påfrestning. Det är därför lämpligt att ha dialog med en eller flera leverantörer innan val av produkt. - Ferguson (2005) menar att enheters form och sätt att läggas i förhållande till varandra är en väsentlig aspekt ur bärighetsperspektiv. - Enligt Larm (1994) har genomsläpplig asfalt, förutsatt att den är byggd på någon typ av dränerande överbyggnad, god förmåga att kunna behandla föroreningar i avsmältande snö.
Behov av framkomlighet	<ul style="list-style-type: none"> - Ferguson (2005) skriver att osorterat grovkornigt material tenderar att vara mindre stabila än sorterat, då de mindre partiklarna kan lägga sig mellan och hindra eller hämma de större partiklarnas låsningsmekanik. - Ferguson (2005) skriver att breda fogar kan försämra en ytas framkomlighet. Den oftast förekommande fraktionen i genomsläpplig betong menar Ferguson (2005) är tillräckligt jämn för att kunna användas av bilar, cyklar och rullstolar. Desto svårare kan det vara att använda beträda ytan med kundvagn eller smala klackskor.
Budget	<ul style="list-style-type: none"> - Olika beläggningstyper kostar olika mycket att anlägga. Århus kommun (2011) har i en rapport från 2011 gjort beräkningar över anläggningskostnader för olika genomsläppliga beläggningstyper, vilket redovisas i tabell 3, som visar att det priserna skiljer sig. - Även kostnader för underhåll kan skilja sig. Århus kommun (2011) skriver att frekvens av underhåll skiljer sig mellan olika konstruktioner och platser.
Planerade underhållsmetoder	<ul style="list-style-type: none"> - Då Cast Iron Gräsarmering är fylld av grovkornigt material kan ytan ogräsbekämpas med brännare utan att produkten tar skada (GH form u.å.) - Olika beläggningstyper tål olika bekämpningsmetoder. Århus kommun (2011) skriver att halkbekämpning av genomsläppliga beläggningar inte bör ske med sand eller grus, med undantag på förstärkta gräsytor och förstärkta eller obundna grovkorniga material. - Enligt Larm (1994) kan dagvatten innehållande vägsalt skapa problem för grässets tillväxt. - Om en gräsyta skall snöröjas med maskin är det enligt Ferguson (2005) fördelaktigt att använda någon form av snöslunga eller plog buren av medar eller band. Plogbladet bör inte vila direkt på beläggningsytan. Om ytan skall saltas bör en grässort med salttolerans väljas.
Önskad infiltrationskapacitet	<ul style="list-style-type: none"> - Olika beläggningstyper kan infiltrera dagvatten i olika hastigheter, vilket framgår i tabell 1 gjord efter förlaga av Århus kommun (2011). - Under de första åren kan en nyetablerad gräsyta ha låg infiltrationskapacitet Larm (1994). - Ferguson (2005) menar att enheters form och sätt att läggas i förhållande till varandra är en väsentlig aspekt ur infiltrationsperspektiv.

Faktor	Bland annat baserat på att...
Förväntade föroreningar och reningsbehov	<ul style="list-style-type: none"> - Larm (1994) skriver att gräsytor har god reningseffekt på sedimenterbara partiklar och tungmetaller, samt viss effekt på närsalter genom upptag hos växtmaterialet. - Om plats omges av starkt förorenade ytor, bör dagvatten från dessa enligt Larm (1994) inte ledas in på gräsyta, då problem för grästes tillväxt kan skapas av svavel- och kväveföroreningar, tungmetaller, olja och vägsalt. - Genomsläpplig betong har enligt Ferguson (2005) viss förmåga att behandla fosfor, kväve, koppar och järn.
Acceptans till etableringsfas	<ul style="list-style-type: none"> - En nysådd gräsyta behöver minst en växtsäsong av etablering innan ytan kan beträdas (Ferguson 2005). - Förstärkningsnät av plast fyllda med jord- och vegetationsmaterial bör inte belastas innan etablering (Ferguson 2005).
Beläggningsytans form	<ul style="list-style-type: none"> - Ojämnheter i beläggningar av grovkornigt material kan skapas i bilvägars kurvor (Ferguson 2005).
Estetik, möjlighet att färga beläggningsytan eller behov av markeringar	<ul style="list-style-type: none"> - Ferguson (2005) skriver att partiklar i ett grovkornigt material kan ha olika färg och form. - De täta enheterna i beläggningar med fog, finns enligt Ferguson (2005) i mycket varierade utseenden och kan skilja sig i bland annat färg, storlek, form och yta. Materialen kan också kombineras och/eller läggas i mönster, vilket gör att beläggningsstypen har stor estetisk potential. - Genomsläpplig betong kan i tillverkningskedet färgas i olika färger.
Önskemål om ljud och ljus	<ul style="list-style-type: none"> - Ferguson (2005) menar att gräsytor har förmåga att absorbera ljud och ljus. - Breda fogar kan påverka ytor med trafik, genom ökad ljudnivå från fordon och genom att förare kan känna att fordonet vibrerar (Ferguson 2005). - Genomsläppliga betongytor har enligt Ferguson (2005), till skillnad från exempelvis asfalt, en ljus färg som lättare uppfattas i mörker. Detta möjliggör minskning av gatubelysning med 30% eller mer. - Genomsläpplig betong och genomsläpplig asfalt kan enligt Ferguson (2005) dämpa buller.
Önskemål om att minska uppkomst av urbana värmeöar	<ul style="list-style-type: none"> - Ferguson (2005) menar att gräsytor genom transpiration kan sänka temperaturer lokalt och därmed motverka utbredning av urbana värmeöar. - Den ljusa färgen hos genomsläpplig betong har enligt Ferguson (2005), teoretiskt sätt, potential att ha mindre benägenhet att absorbera värme.
Önskemål om ökad trafiksäkerhet	<ul style="list-style-type: none"> - Ferguson (2005) menar att körbanor av genomsläpplig asfalt har bättre förutsättningar att behålla friktion mellan fordon och beläggningsyta än våta körbanor. Dessutom minskar dränerade asfaltytor förekomsten av försämrad sikt, som annars uppkommer genom vattenstänk från hjul och reflektioner från strålkastarljus.
Behov av underjordisk tillgänglighet	<ul style="list-style-type: none"> - Genomsläpplig betong som bredds ut på plats och härdar som stora sammanhängande partier, försvårar framkomligheten vid behov av underjordiskt arbete (Ferguson 2005).

10. Diskussion

10.1 Metod och material

Mitt mål med denna uppgift var att ta fram ett konkret underlag till yrkesverksamma och privatpersoner som står inför val av genomsläpplig beläggningstyp. Ett underlag där man kan utläsa vilka alternativ som finns, vilka egenskaper de har och vilka faktorer som är relevanta att ha i åtanke inför valet. Under resan till färdig produkt ville jag också utveckla mina kunskaper inom hydrologi och dagvattenhantering. För att skapa en tydlig väg, med komplexitet överensstämmande med kursens omfattning, arbetade jag fram frågeställningarna;

- Vilka olika typer av genomsläppliga beläggningar kan användas i Sverige, och vilka är deras egenskaper?
- Vilka faktorer bör tas hänsyn till vid val av genomsläpplig beläggningstyp?

För att besvara frågeställningarna ovan valde jag att söka min väg till färdigt resultat genom att studera litteratur. Valet av metod tycker jag till viss del har lyckats besvara mina frågeställningar till den grad att jag känner att jag nått mitt mål. Dock innehåller sammanställningens tabeller gällande egenskaper fortfarande flera celler utan uppgifter, vilket enligt mig tyder på att frågorna kräver mer omfattande studier. Utöver litteraturstudier tror jag att konkreta forskningsförsök, intervjuer och okulära undersökningar hade givit tydligare och utförligare svar på mina frågeställningar. Då stora delar av funnen litteratur inom området genomsläpplig beläggning kommer från Danmark och USA, tror jag att dessa metoder bland annat hade kunnat tillföra studien fler svenska erfarenheter.

Jag upplever att litteraturstudiens innehåll är väsentligt. Det kan tyckas att jag i arbetet valt att lägga stor vikt i att undersöka bakgrund, vattnets naturliga kretslopp, vattnets kretslopp i urban miljö och öppen dagvattenhantering. Jag hävdar dock att dessa delar är både viktiga och intressanta, för att förstå och inse vikten av att ge genomsläppliga beläggningstyper en chans. Vidare anser jag att jag genom de delarna lyckats nå mitt personliga mål om att utveckla mina kunskaper inom hydrologi och dagvattenhantering.

Litteratur som använts har bestått av böcker, rapporter, broschyrer och till viss del föreläsningssanteckningar skrivna i Sverige, Danmark och USA mellan år 1979 och 2013. Delarna om genomsläpplig beläggning baseras på litteratur skriven mellan år 1994 och 2013. Min uppfattning är att valda källor bör anses som tillförlitliga. Dock bör påpekas att utveckling inom kunskap kring genomsläppliga beläggningsskonstruktioner har skett sedan Larm skrev om ämnet 1994 och att jag stundtals upplevt vissa av källans ståndpunkter som gammelmodiga. Dessutom tror jag att det är viktigt att man som läsare har i åtanke att stora delar av litteraturen inte kommer från Sverige. Personligen tror jag bland annat

att resultat av undersökningar gjorda i USA stundtals kan vara något missvisande, då jag upplever att det inom landskapsbranschen i USA finns viss tradition av att skapa miljöer mer artificiella än dem vi strävar efter att skapa i Sverige.

Vidare övervägde jag först att utesluta avsnittet om Cast Iron Græsarmering, då källan GH form (u.å.) säljer produkten. Jag gjorde emellertid bedömningen att behålla avsnittet då jag trots avgränsning från enskilda produkter ville skapa ett brett och sanningsenligt resultat. Då GH form (u.å.) syftar till just denna produkt och inte förstärkningar av gjutjärn i allmänhet valdes produktnamnet som överskrift. Jag är medveten om att det är ett risktagande att använda en sådan källa och jag hade med största sannolikhet undvikit den om jag funnit motsvarande uppgifter från en opartisk källa. Vid upprepade tillfällen förtydligar jag dock att källan säljer denna beläggningsprodukt och menar därför att läsaren ges möjlighet att ta ställning till avsnittets innehåll.

10.2 Beläggningstyper och egenskaper

Att studera vilka olika beläggningstyper som kan användas i Sverige och vilka egenskaper de besitter har varit mycket intressant. Jag beskriver först den öppna dagvattenlösningen genomsläpplig beläggning allmänt och översiktligt, för att sedan zooma in och berätta mer specifikt om gräsytor, grovkornigt material, förstärkningsnät av plast, Cast Iron Græsarmering, beläggning med genomsläppliga fogar, beläggning av hålsten, genomsläpplig betong och genomsläpplig asfalt. Jag har insett att ämnet inom vissa plan bekräftas med otroligt mycket litteratur, samtidigt som ämnet inom vissa plan endast beskrivs med vaga mängder litteratur eller ingen alls. Hur specifik och konkret fakta litteraturen har presenterat och med vilka benämningar skiljer sig mellan och inom beläggningstyperna. Detta medförde att det blev en stor utmaning att ge läsare av detta kandidatarbete god möjlighet att kunna jämföra de granskade beläggningstyperna mellan varandra.

Sammanfattning av beläggningstypernas egenskaper ges i tabell 4, 5, 6 och 7 och det finns enligt mig ett behov av att läsaren själv drar egna slutsatser. Kolumnen *Belastning* i tabell 4, som beskriver de olika beläggningsalternativens belastningskapacitet, är ett tydligt exempel på behovet av egna tolkningar. Litteraturen är försiktig med att fastsätta tydliga värden och det blir upp till läsaren att tolka vad exempelvis hålstensytors tålighet för *betydande mängd belastning* innebär. Ett annat exempel är genomsläpplig betong, vars hållbarhet beskrivs som *förhållandevis lång livslängd*. Min personliga insikt är att vissa egenskaper, utan mer ingående specificering, inte är lämpliga att jämföra mellan olika beläggningstyper. Egenskaper som belastningskapacitet och hållbarhet tycks vara svåra att fastställa utan specificering av bland annat klimat, produkt, konstruktion och trafikhastighet. För att få specifika uppgifter inom vissa egenskaper krävs förmodligen att man undersöker specifika produkter eller lokala erfarenheter.

Jag inser att egenskaperna sammanfattade i tabell 4, 5, 6 och 7 troligtvis är otillräckliga vid omfattande projekteringar. Dels för att många av de siffror och uppgifter som anges härstammar från erfarenheter från andra sidan jordklotet och dels för att de observerats under olika årtionden. Personligen ställer jag mig ändå positiv till mitt resultat, mina frågeställningar handlar trots allt inte om att ta reda på vilken som är bäst eller sämst. Tabellerna 4, 5, 6 och 7 sammanfattar studiens resultat och visar hur varierade dessa beläggningstyper är och att det är av betydande vikt att undersöka dem var för sig. Hade jag valt att utelämna vissa egenskaper för att i sammanställningen skapa en sammanfattning mer jämförbar mellan beläggningstyperna, tror jag att man hade gått miste om flera intressanta delar. Även om flera bitar saknas, kan man enligt mig få en känsla för beläggningstypernas karaktär, inspiration och en övergripelig bild av vad som finns att tillgå.

10.3 Påverkande faktorer

I min litteraturstudie har jag, genom egenskaper hos de olika beläggningstyperna, kunnat tolka vilka faktorer som enligt denna studie är viktiga att ta hänsyn till vid val av genomsläpplig beläggningstyp. Detta var mycket givande, då jag utmanades att analysera och dra slutsatser kring den information jag samlat in. Resultatet blev 17 stycken faktorer och troligtvis skulle mer omfattande studier resultera i fler. Dessa visar enligt mig vikten av att ifrågasätta vilken beläggningstyp som passar när, var och hur. Jag vill påstå är det vid val av genomsläpplig beläggning är mer fördelaktigt att fokusera på de 17 faktorer som analyserats ur studiens resultat än att stirra sig blind på de egenskaper som lokaliseras.

Genom att utgå från faktorerna ser man tydligt inom vilka delar den specifika situationen behöver undersökas. Jag upplever också att faktorerna ger förståelse kring varför egenskaperna är viktiga att ta hänsyn till. Att beläggningsmaterialen kostar olika mycket innebär exempelvis att jag måste beakta min budget. Vidare anser jag att man genom att utgå från de 17 faktorerna, däribland *behov av belastningskapacitet*, bör söka efter erfarenheter från platser och situationer liknande ens egen och egenskaper rådande hos specifika produkter. Att tala med en lokal tillverkare av exempelvis hålstén, att hämta erfarenhet från en beläggningsyta av hålstén lokalt eller från platser med liknande omständigheter är kanske säkrare än att tolka och tillförlita sig till Fergusons (2005) konstaterande om att beläggningar av hålstén kan tåla betydande mängd belastning.

En utmaning för personer som står inför val av genomsläpplig beläggningstyp blir att kompromissa mellan faktorerna. Två faktorer som genomgående kräver kompromiss mellan varandra är *behov av belastningskapacitet* (stabilitet) och *önskad infiltrationskapacitet*. Av resultatet att döma erhålls hög stabilitet ofta på bekostnad av infiltrationskapacitet och tvärt om. Intressant hade varit, att kunna prioritera vilka faktorer

som är viktigast och på så vis bedöma i vilken ände man bör starta och hur man bör värdera faktorer i sin situationsundersökning. Troligtvis hade även detta växlat stort mellan olika situationer. Att sätta fingret på vilket resultat som önskas och att sedan kompromissa faktorerna utefter det tror jag är mest lämpligt.

10.4 Slutsats

Genom att skärma av möjligheter till infiltration i städer riskeras städer bland annat att översvämmas, grundvattennivåer att sänkas, reningsverk att överbelastas och mottagare att förorenas. Genom att arbeta med genomsläppliga beläggingsmaterial ges bland annat möjlighet att reducera uppkomst av stora mängder dagvatten och förutsättningar för naturliga reningsprocesser. Mitt resultat innebär att det för yrkesverksamma och privatpersoner finns flera alternativ vid val av genomsläpplig beläggningstyp och att beläggningstyperna besitter fler egenskaper än bara dagvattenreducerande förmåga. För att få en yta optimal, krävs att man tar hänsyn till beläggingsmaterialets egenskaper samt platsens och situationens rådande omständigheter. Behov av underhåll är en egenskap som alla genomsläppliga beläggningstyper i denna studie delar. All litteratur är enlig om att uteblivet underhåll leder till i igensättning. Detta, kombinerat med traditionen att likställa genomsläppliga beläggningstyper, är enligt mig troligtvis orsaken till befintliga ytors mindre lyckade resultat och till dess ringa användning.

Personligen är jag övertygad om att genomsläppliga beläggningar har goda möjligheter att fungera väl i Sveriges områden, urbana som ickeurbana. Efter denna fördjupning inser jag att framgång ligger i kombinationen av att hitta rätta typ, av rätt material, med rätt konstruktion, till rätt plats och att ge rätt underhåll. Det går med andra ord inte att förorda en specifik lösning i allmänhet. För mer tyngd och förståelse inom detta ämne skulle vidare undersökningar kunna ske genom konkreta forskningsförsök, intervjuer och okulära undersökningar. Som nämnt finns enligt Simonsen et al (2011) en efterfråga på tydliga forskningsresultat på bland annat livslängd hos och kostnader för genomsläppliga beläggningssytor.

Referenslista

Publicerade källor

Bogren, J., Gustavsson, T., Loman, G. (1998). *Klimatförändringar – Naturliga och antropogena orsaker*. Lund: Studentlitteratur.

Bramryd, T., Berggren, H., Henrikson, L., Lind, B., Rosenqvist, T., Stenmark, C., Holmstrand, O., Hogland, W. (1991). *Lokalt omhändertagande av dagvatten – Erfarenheter och kunskapsuppbyggnad under 1970- och 1980-talen*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola, (nr 91).

Byggros. (u.å). *Ytanläggning – Ecoblock*. <http://www.byggros.com/sv/produkter/vag-och-anlaggning/ytstabilisering/ecoblock-grasarmering> Broschyrer; ECO-Block Broschyr [2013-02-28].

Bäckström, M., Forsberg, C. (1998). *Norrländsk gatusektion - Vårar utan översvämningar och tjälskott*. Stockholm: Svenska Kommunförbundet.
<http://webbutik.skl.se/bilder/artiklar/pdf/7099-707-1.pdf?issuusi=ignore> [2013-03-10].

Castensson, R., Falkenmark, M., Lohm, U., Widstrand, C-G. (1979). *Vatten i natur och samhälle*. Lund: LiberLäromedel Lund.

Ferguson, B. (2005). *Porous pavements*. Boca Raton: CRC Press, (Integrative studies in water management and land development; 6).

GH form. (u.å.). *Cast Iron Græsarmering*. <http://www.ghform.dk/index.php?pid=82&sid=25> Produktblad [2013-03-08].

Hogland, W., Holmstrand, O., Bramryd, T., Berggren, H., Henrikson, L., Lind, B., Rosenqvist, T., Stenmark, C. (1991). *Lokalt omhändertagande av dagvatten – Erfarenheter och kunskapsuppbyggnad under 1970- och 1980-talen*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola, (nr 91).

Holmstrand, O., Bramryd, T., Berggren, H., Henrikson, L., Lind, B., Rosenqvist, T., Stenmark, C., Hogland, W. (1991). *Lokalt omhändertagande av dagvatten – Erfarenheter och kunskapsuppbyggnad under 1970- och 1980-talen*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola, (nr 91).

Johansson, C., Burman, L. (1998). *Metaller i luft och nederbörd i Stockholms stad*. Stockholm: Miljöförvaltningen i Stockholms stad.
<http://www.slb.mf.stockholm.se/slb/rapporter/pdf/metallrapp97.pdf> [2013-03-10].

Larm, T. (1994). *Dagvattnets sammansättning, recipient och behandling*. Stockholm: Svenska vatten- och avloppsverksföreningen, (1994-06).

Lind, B., Bramryd, T., Berggren, H., Henrikson, L., Rosenqvist, T., Stenmark, C., Holmstrand, O., Hogland, W. (1991). *Lokalt omhändertagande av dagvatten – Erfarenheter och kunskapsuppbyggnad under 1970- och 1980-talen*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola, (nr 91).

Lützen, N., Søllested, V. (1994). *Brug regn vandet i gården – en rapport om lokal afledning af regnvand i byfornyelsesområder*. Köpenhamn: Boligministeriet Bygge- og Boligstyrelsen.

Malm, P., Berglund, P. (2007). *Bevattnings och växtnäringsutnyttjande*. Ort okänd: Jordbruksverket (Jordbruksinformation 5-2007).
http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_jo/jo07_5.pdf [2013-03-11].

Nordberg, L., Persson, G. (1979). *Vårt vatten – Tillgång, utnyttjande*. Borås: LTs förlag.

Pachauri, R.K. Reisinger, A. (eds.). (2007). *Climate Change 2007 - Synthesis Report*. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change.
http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf [2013-03-10].

Pennsylvania department of environmental protection. (2006). *Pennsylvania Stormwater Best Management Practices Manual*. Pennsylvania: Pennsylvania department of environmental protection, (kap. 6).
http://www.elibrary.dep.state.pa.us/dsweb/Get/Version-48477/07_Chapter_6.pdf [2013-03-10].

SCB, Statistiska Centralbyrån. (1993). *Markanvändningen i Sverige - Andra utgåvan*. Stockholm: Statistiska Centralbyrån.
http://www.scb.se/statistik/MI/MI0803/2000I02/MI03SA9301_06.pdf [2013-03-10].

SCB, Statistiska Centralbyrån. (2010). *Förändring av vegetationsgrad och grönytor inom tätorter 2000-2005*. Stockholm: Statistiska Centralbyrån, (Grönytor).
http://www.scb.se/Statistik/MI/MI0805/2005A01X/MI0805_2005A01X_SM_MI12SM1003.pdf [2013-03-10].

Simonsen, E., Karlsson, R., Hellman, F., Hansson, K., Wennström, J. (2011). *Dränerande markstensbeläggningar för förbättrad miljö*. Stockholm: MinBaS II – område produktutveckling, (nr 2.1.5). <http://www.minfo.se/minbas/215.pdf> [2013-03-10].

SMHI, Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut. (2012-12-18). *Klimatscenarier*.
<http://vattenweb.smhi.se/shypeclimate/overview.html> DBS-korrigerad nederbörd (mm) [2013-02-17].

SOU, Statens offentliga utredningar. (2007). *Sverige inför klimatförändringarna - hot och möjligheter*. Stockholm: Miljödepartementet Klimat- och sårbarhetsutredningen, (2007:60). <http://www.regeringen.se/content/1/c6/08/93/34/05245f39.pdf> [2013-03-10].

Stahre, P. (2004). *En långsiktigt hållbar dagvattenhantering – Planering och exempel*. Malmö: Svenskt Vatten.

Stahre, P. (2008). *Blue-green fingerprints in the city of Malmö, Sweden – Malmö´s way towards a sustainable urban drainage*. Malmö: VA SYD. http://www.vasyd.se/SiteCollectionDocuments/Broschyrer/Publikationer/BlueGreenFingerprints_Peter.Stahre_webb.pdf [2013-03-10].

Stenglein, A-L. (2011). *Porous Asphalt Pavements in Northern Sweden – Long term Behaviour*. Luleå university of technology. Department of civil, environmental and natural resources engineering/Civil engineering. <http://pure.ltu.se/portal/files/33434322/LTU-EX-2011-33295530.pdf> [2013-03-10].

Svenskt Vatten. (2011). *Hållbar dag- och dränvattenhantering – Råd vid planering och utformning*. Stockholm: Svenskt Vatten, (P105).

VAV, Svenska vatten- och avloppsverksföreningen. (1983). *Lokalt omhändertagande av dagvatten – LOD*. Stockholm: Svenska vatten- och avloppsföreningen, (VAV P 46).

Viklander, M., Bäckström, M. (2008). *Alternativ dagvattenhantering i kallt klimat*. [Ort okänd]: Svenskt Vatten AB, (nr 2008-15). http://vav.griffel.net/filer/Rapport_2008-15.pdf [2013-03-10].

Zimmerman, H. (1994). Stadens golv. *Arkitektur*, 1994:8, ss 56-59.

Århus kommun, (Aarhus kommune). (2011). *Permeable belægninger- Med og uden membran*. Aarhus: Aarhus Kommune. <http://www.aarhus.dk/~media/Dokumenter/Teknik-og-Miljoe/Natur-og-Miljoe/Vand/Spildevand/LAR/Afledning-af-regnvand/Andet/LAR-06-Permeabel-belaegning-03.pdf> [2013-03-10].

Opublicerade källor

Fridell, K. (2011). *En konferens kring modern vattenplanering – Samverkan mellan stad och landsbygd*. Konferens på SLU Alnarp 19-20 oktober; Dagvatten och dräneringsvatten. <http://194.47.52.113/janlars/partnerskapalnarp/uploads/projekt/560.pdf> [2013-03-10].

Fridell, K. (2013). [Muntlig referens]. Landskapsingenjör på avancerad nivå. [2013-03-22].

Figurförteckning

Figurnummer, källa och datum för mottagande;

- Figur 8: Johan Gustafsson (VA SYD), 2013-02-22
- Figur 10, 13, 24 & 27: Angelica Nilsson, 2013-02-25
- Figur 11, 15 & 26: Agnes Kristiansson, 2013-02-26
- Figur 16 & 17: GH form (genom Elsebeth Kaisner), 2013-03-05
- Figur 18, 19, 20 & 21: Starka (genom Sussie Schwab), 2013-03-05
- Figur 23 & 28: Oskar Olsson, 2013-02-25
- Figur 25 & 31: Brita Svensson, 2013-02-25
- Figur 29 & 30: S:t Eriks (genom Mathias Swenson), 2013-03-05
- Övriga figurer är illustrerade eller fotograferade av mig, Annika Ritzman.