



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsarkitektur,
trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Grå- gröna lösningar

– För en hållbar dagvattenhantering

Sebastian Kreymann Eriksson

Självständigt arbete • 15 hp
Landskapsingenjörsprogrammet

Alnarp 2017

Grå- gröna lösningar

- För en hållbar dagvattenhantering

Gray- green solutions

For a sustainable stormwater management

Sebastian Kreymann Eriksson

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

Examinator: Frida Andreasson, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Examensarbete i landskapsarkitektur för landskapsingenjörer

Kurskod: EX0793

Program: Landskapsingenjörsprogrammet

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2017

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

Nyckelord: grå-gröna dagvattenlösningar, hållbart dagvatten, dagvattenhantering, gröna tak, genomsläppliga beläggningar, regnbädd

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Förord

Arbetet är skrivit i landskapsarkitektur inom landskapsingenjörsprogrammet på Sveriges lantbruksuniversitet i Alnarp och motsvarar 15 högskolepoäng. En tänkvärd grundpelare inom utbildningen har varit strävan efter en hållbar stadsutveckling. Utifrån eget intresse har specifikt behandlingen av dagvatten kombinerat med problematiken med översvämningar i våra städer, varit ett område som jag velat fördjupa mina kunskaper i, därav denna studie.

Tack till min handledare Eva-Lou Gustafsson som under arbetets gång funnits som ett stöd samt givit feedback till innehållet och strukturen. Vill även tacka min sambo Sofie som fungerat som ett extra stöd samt till Ingemar och Andreas som försett mig med platsens underlagfiler.

Alnarp, 2017

Sammanfattning

Detta examensarbete handlar om grå-gröna lösningar för en hållbar dagvattenhantering. Arbetet är skrivet för dem som är intresserad av dagvattenhantering och har ett intresse angående hur dagvatten kan användas för att bidra till hållbara städer.

Experter och forskare förutspår ett förändrat klimat vilket innebär en ökad mängd nederbörd samt ett varmare klimat. Samtidigt som mer nederbörd är att vänta växer våra städer och vi omvandlar naturlig mark till hårdgjorda ytor. Vattnets naturliga kretslopp förändras vilket gör att ökade mängder dagvattnet måste tas om hand genom ledningsnät. Dessa ledningsnät i städer är ofta föråldrade vilket innebär att ledningarna är underdimensionerade. Ledningsnäten kan inte möta de nya förväntade flödena vilket kan resultera i översvämningar som kan göra upphov till stora skador. Synsättet på hur dagvatten skall hanteras har förändrats under 1900-talet där det först förespråkades att tänka enbart på att avleda vatten snabbt utan att ta hänsyn till miljön. Idag finns tydliga regler som styr i form av Rio-deklarationen, agenda 21 och Ramdirektivet för Europa. Regelverken har inneburit ett förändrat synsätt där det idag eftersträvas en hållbar dagvattenhantering.

Detta examensarbete utgår från en litteraturstudie för att ta reda på vad det finns för hållbara lösningar för att hantera dagvatten och hur dessa kan användas för en hållbar utveckling. Hållbara alternativ som undersöks i denna studie är regnbäddar, genomsläppliga beläggningar, svackdiken, infiltration över gräsytor, stenfyllnadsmagasin, brunnsfilter, gröna tak och växtbäddar. Dessa lösningar kommer att benämnas som grå-gröna lösningar för en hållbar dagvattenhantering. Samlingsbegreppet grå-gröna innefattar lösningar som renar, fördröjer och magasinerar dagvattnet på liknande sätt som sker i vattnets naturliga kretslopp med hjälp av fysikaliska, biologiska och kemiska processer i växtmaterialet och i marken. Studiens grå-gröna konstruktioner implementeras i en fallstudie som berör Hälsostaden i Ängelholm där det undersöks vilka hållbara lösningar som kan användas på platsen. En dagvattenberäkning utförs på ett 10-års regn baserat på platsens nuvarande förutsättningar. Idag finns ett dagvattenflöde på 238 l/s vilket släpps ut till närmaste recipient som är Rönne å. En beräkning där hållbara lösningar används som en systemlösning reducerar dagvattenflödet på platsen till 151,8 l/s, vilket medför en reduktion med 36,2%. Detta ger en minskad avrinning samt renare dagvatten till recipienten Rönne å. Via litteraturstudien och fallstudien visas ett resultat som innebär hur dessa grå-gröna lösningar kan användas för att bidra till en hållbar utveckling och hur detta kan implementeras på projektet Hälsostaden i Ängelholm.

Innehållsförteckning

1. INLEDNING.....	1
SYFTE/MÅL	1
AVGRÄNSNING.....	1
2. METOD OCH MATERIAL.....	2
BEGREPP	2
3. LITTERATURSTUDIE	3
KLIMATFÖRÄNDRINGAR	3
VATTNETS NATURLIGA KRETSLOPP.....	3
DAGVATTENPROBLEMATIKEN.....	4
DAGVATTENHANTERING I TIDEN.....	5
HÅLLBAR DAGVATTENHANTERING	6
4. FALLSTUDIE HÄLSOSTADEN ÄNGELHOLM	10
PLATSENS FÖRUTSÄTTNINGAR	10
5. RESULTAT	13
INVENTERING AV PLATSEN	13
DAGVATTENBERÄKNING	13
6. ANALYS	15
IMPLEMENTERING AV GRÅ GRÖNA LÖSNINGAR FÖR HÅLLBAR DAGVATTENHANTERING.....	15
7. DISKUSSION	19
8. KÄLLFÖRTECKNING	21
7. BILAGOR.....	25
BILAGA 1.	26
BILAGA 2.	27
BILAGA 3.	28
BILAGA 4.	29
BILAGA 5	30
BILAGA 6.	31
BILAGA 7.	32
BILAGA 8.	33

1. Inledning

Klimatet i Sverige är i ständig förändring vilket innebär en ökad mängd nederbörd samtidigt som torrperioderna blir längre (Statens offentliga utredningar, 2007). Städer växer och mark bearbetas till hårdgjorda ytor vilket minskar den naturliga vatteninfiltrationsprocessen ner i marken. Därav krävs det att dagvattnet omhändertas genom uppsamling och avledning till ledningsnät (Stahre, 2004). Kraven på att omhänderta, fördröja och rena dagvatten blir större och vikten av att kunna använda sig av dagvatten i hållbara lösningar har ökat (Svenskt vatten, 2011). Städer har ofta föråldrade ledningsnät som riskerar att bli överbelastat vilket kan resultera i stora skador i form av översvämningar (Stahre, 2004). Kan man med hjälp av alternativa lösningar för dagvatten avlasta städernas underdimensionerade ledningsnät till ett hållbart dagvattensystem, så är det ett mycket aktuellt ämne att undersöka. Dessa utmaningar är relevanta för framtidens samhällsbyggnad och det är av stor betydelse att kunna hantera dessa problem med lösningar som leder till hållbara städer. Det finns flera alternativa lösningar på marknaden som kan användas för att ta tillvara på vattnet (Stahre, 2004), varav denna studie kommer utgå från en grå- gröna lösning för dagvattenhantering.

Syfte/mål

Syftet med studien är att redogöra för hur grå-gröna lösningar avseende dagvattenhantering kan användas för att arbeta efter en hållbar lösning utifrån klimatpåverkan. Redogörelsen analyserades utifrån projektet Hälsostaden i Ängelholm och därigenom framkom konkreta alternativ som kan användas vid implementering vid andra byggen.

Arbetet utgick och sökte svar på följande frågeställningar:

- På vilket sätt kan grå- gröna lösningar för dagvattenhantering användas för att bidra till en hållbar utveckling?
- Hur kan en grå-grön systemlösning avseende dagvattenhantering implementeras på projektet - Hälsostaden i Ängelholm?

Avgränsning

Grå- gröna systemlösningar innefattar flera lösningar inom olika områden. Arbetet avgränsas genom att enbart belysa området dagvattenhantering. Studien kan dock inte redogöra för samtliga lösningar för dagvattenhantering utan fokuserar på de alternativ som hade kunnat vara tillämpliga vid projektet Hälsostaden i Ängelholm. Implementering av grå-gröna lösningar för dagvattenhantering begränsas till nybyggnationer inom området Hälsostaden som är byggnad 71, badhuset samt mellanliggande promenadstråk som fått namnet Stråket se bilaga 1. Detta är även en avgränsning som grundar sig i bygghandlingarna då underlaget gäller ovan nämnda.

2. Metod och material

Metoden är en litteraturstudie där teknisk och vetenskaplig litteratur studerats. Ritningar och teknisk beskrivning baseras på en fallstudie som utgår från projektet Hålsostaden i Ängelholm. Fallstudien utgår ifrån bygghandlingar gällande platsen där en inventering, mängdning av ytor genomförs via ritningsprogrammet Auto Cad och sedan sammanställs i Excel. En jämförelse mellan platsens förutsättningar studeras innan och efter implementering av grå- gröna dagvattensystem där fokus ligger på att studera mängden dagvatten som beräknas nå ut i recipienten Rönneå där egna beräkningar med hjälp av publikation p100 (Svenskt vatten, 2016) samt egenkontroll av beräkningar genom dagvattenberäkningsdokument i Excel.

Hålsostaden är ett renoverat sjukhusområde som fått mycket uppmärksamhet i lokaltidningarna. Under min praktik kom jag i kontakt med projektet Hålsostaden då praktikplatsen arbetade med framtagning av byggbara handlingar inom området. Platsen är därför intressant att undersöka i ett dagvattenperspektiv då det sker omfattande renovering samt nybyggnation på området. Detta möjliggör att lösningar för en hållbar dagvattenhantering kan byggas in i ett tidigt skede i byggprocessen. Samtidigt så ligger platsen intill en recipient som är Rönneå vilket gjorde platsen mer intressant att undersöka.

Inhämtning av material har skett via sökning i databaser som SLU:s bibliotek PRIMO, en nationell databas LIBRIS samt sökmotorn Google där även funktionen Scholar har använts. Litteraturstudie används för att få en övergripande och djupgående kunskap angående dagvattenhantering. Språket på litteraturen har begränsats till svenska och engelska. Angående Hålsostaden i Ängelholm är främst informationen hämtat ifrån kommunens hemsida. Sökord i databaser har varit hållbart dagvatten, dagvattenhantering, gröna tak, genomsläpplig asfalt, genomsläppliga beläggningar, mångfunktionella ytor, grå- gröna dagvattenlösningar, dagvattenmagasin, biofilter, rainarden, regnbädd, och sustainable stormwater management.

Begrepp

Begreppet grå- gröna lösningar används för att beskriva olika typer av anläggningar som kan användas för att sträva efter en hållbar dagvattenhantering. En hållbar dagvattenhantering utnyttjar processer som liknar naturens eget sätt att ta hand om dagvatten som infiltration, perkolation, ytavrinning, trög avledning och fördröjning (Stahre 2004). Dagvatten är en teknisk term för att beskriva vatten på markytan samtidigt som det begränsas att enbart gälla ytligt avrinnande regn- och smältvatten (Svenskt vatten, 2011).

3. Litteraturstudie

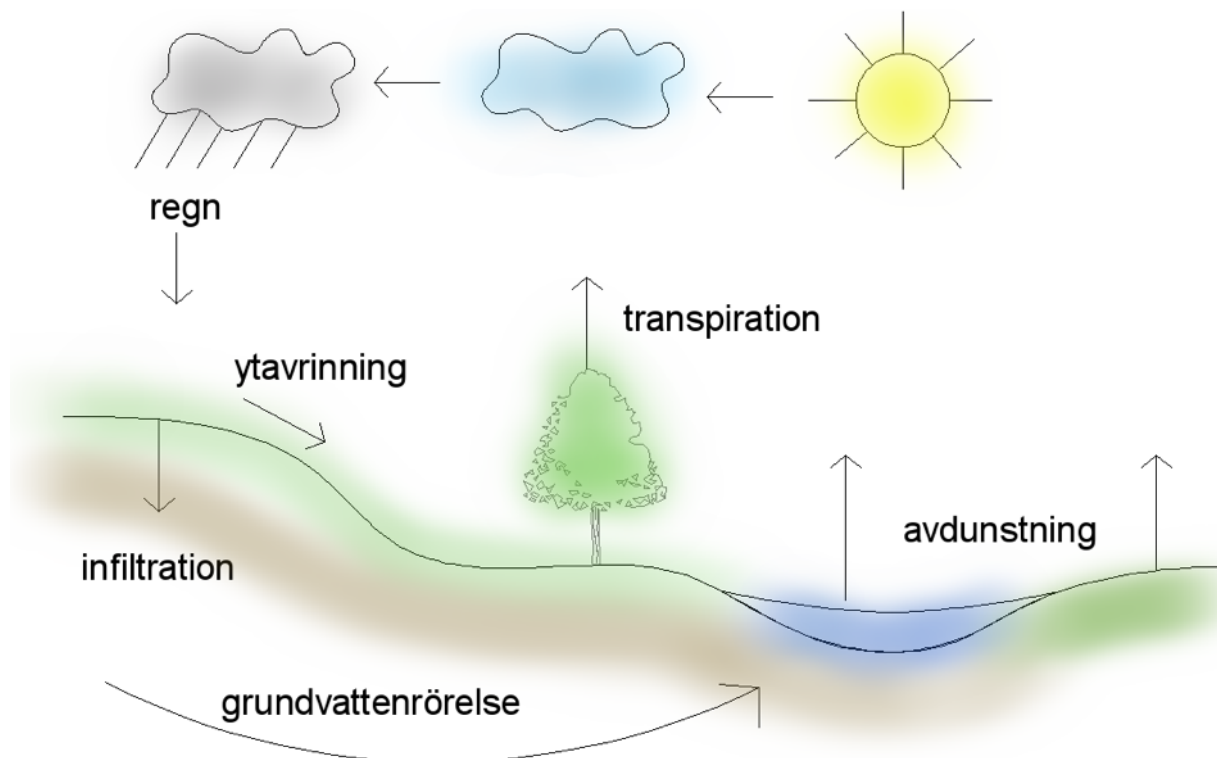
Klimatförändringar

Klimatet är under förändring och enligt IPCC:s rapport (2008) går det att utläsa att jordens medeltemperatur har ökat med 0,74 grader Celcius under de senaste hundra åren. Människans utsläpp av växthusgaser i atmosfären pekas ut som en stor bidragande faktor. Rapporten framhäver sambandet mellan en ökad medeltemperatur och förändringar i havstemperatur som leder till en utbredd snö – issmältning vilket resulterar i förhöjda havsnivåer.

Statens offentliga utredningar (2007) redogör att det i Sverige förväntas en förändring i årsmedeltemperatur med en ökning av 3–5 grader och en ökning av havsvattennivån upp till en meter under kommande hundraårsperiod. Statens offentliga utredningar förutspår även en ökad mängd nederbörd speciellt under höst, vinter och vår årstiderna som kommer att vara en mer intensivare nederbörd som återkommer oftare och kan innebära stora problem med översvämningar. Länsstyrelsen (Westlin, 2012) påpekar att nederbörden som faller över Sverige förväntas öka med 10-20 % under det närmaste seklet där ökningen tillkommer främst på vintern. Exakt hur framtidens klimat kommer att bli är svårt att förutspå men experter är överens om att klimatförändringar är ett faktum och att en anpassning till rådande klimatförändringar är ett måste (Statens offentliga utredningar, 2007).

Vattnets naturliga kretslopp

Vattnets kretslopp drivs med hjälp av solenergi där solenergi alstrar värme vilket värmer upp vatten som blir till vattenånga och leder till en avdunstning (Berggren et.al, 1991), (se figur 1.) Enligt Cloews och Comfort (1987) kallas en avdunstning som sker på öppna ytor för evaporation, när avdunstningen sker via växters klyvöppningar kallas det för transpiration. Evaporation och transpiration benämns tillsammans evapotranspiration. Vattenånga som når atmosfären och kyls ned, kondenseras till vattendroppar. Då vattendropparna blir tunga eller stora faller de åter ner mot marken i form av regn alternativt snö beroende på temperaturen. Vattnet/snön som inte når marken utan fastnar i vegetationen kallas för interception. Vattnet som når marken tränger ner i jorden vilket kallas för infiltration (Clowes, A., Comfort, P., 1987). Mängden vatten som kan tränga ner i marken beror på markens infiltrationskapacitet som är beroende av jordart där jordens struktur och finkornighet spelar roll (Berggren et.al, 1991) som exempel har en sandjord bättre infiltrationskapacitet än lerjord. Vattnet som tränger längre ner i marken kallas för perkolation som sedan gör att vattnet når ner till grundvattnet som sedan kan nå vattendrag vilket gör att kretsloppet blir fullbordat (Clowes, A., Comfort, P., 1987).



Figur 1. Vattnets naturliga kretslopp, illustration Sebastian Eriksson omarbetad efter (Clowes, A., Comfort, P., 1987).

Dagvattenproblematiken

Samtidigt som det pågår klimatförändringar och vi väntar en ökad mängd nederbörd pågår det omfattande arbete för bebyggelse på naturmark. Områden som ej blivit bebyggda med hårdgjorda ytor och där mark och vegetationsförhållanden anses vara goda infiltrerar huvuddelen av nederbörden i marken och tas upp av växtligheten, överskottet återgår till grundvatten (Berggren et.al, 1991). Områden som blivit bebyggda och där den naturliga marken har ersatts av hårdgjorda konstruktioner ändrar vattnets förutsättningar för infiltration i marken vilket gör att vatten blir stående ovan mark (Berggren et.al, 1991). Dagvattenproblematiken uppstår när regn faller på tak och andra hårdgjorda konstruktioner och byter skepnad till dagvatten vilket innebär ett miljömässigt problem (Persson et al., 1990). Dagvatten kan innehålla ett antal föroreningar (olika metaller, näringsämnen och bekämpningsmedel) som tas upp i dagvattnet i kontakt med byggnader, vägar, industrier eller jordbruksmark (Ängelholms kommun, 2015b).

Dagvattenhantering i tiden

Dagvatten har historiskt sett handlat om att avleda dagvatten från hårdgjorda ytor för att undvika vattenansamlingar fortast möjligt i slutna ledningssystem (Berggren et.al, 1991). Dagvattenhanteringen utveckling har pågått i århundrade med ett mycket varierande resultat (Svenskt vatten, 2011). Fram till 1950-talet byggdes kombinerade system dit man avleder spill-, dag- och dräneringsvatten i samma ledning, idag utgör kombinerade system ca 13% av det svenska avloppsnätet (Svenskt vatten, 2011). I boken *Plats för regn* beskriver Persson et.al (1990) att ett kombinerat system är den värsta miljöboven i dagvattenhantering. Områden som använder sig av dessa system drabbas ofta av översvämningar vid skyfall vilket fyller ledningarna som resulterar att vattnet trycks tillbaka upp i ledningarna som i värsta fall kan skada källare och husgrunder. Svenskt vatten (2011) nämner att lösningen för att minska risken för översvämningar i ett kombinerat system vid toppbelastningar installerades ett bräddavlopp som vid överbelastning släpper ut orenat vatten till recipienten som ofta är sjöar och vattendrag. Persson et.al (1990) uppskattar att ett utsläpp av orenat vatten i bräddavlopp vanligtvis förekommer mellan 5–10 gånger på ett år. Berggren et.al, (1991) beskriver att från 1960-talet byggdes istället separata system där dagvatten och spillvatten skiljs åt i olika ledningar, det kallas duplikatsystem. Berggren et.al., (1991) nämner vidare att även detta system har nackdelar med ökad risk för felkopplingar och att förorenat vatten når ut till recipienten. Ovan nämnda system och dess nackdelar ledde till omfattande forskning inom dagvattenhantering under 1970-talet där forskarna kom till insikten om att regnvattnet borde tas hand om lokalt, omhändertagande av dagvatten som betecknas LOD (Berggren et.al, 1991). Syftet med LOD är ett omhändertagande av dagvatten på samma plats som det uppstår, att med hjälp av växter och mark tar hand om förorenat vatten utan att kontaminera vattendrag, att avlasta och fördröja befintligt ledningsnät (Persson et.al 1990). Svenskt vatten (2011) nämner att LOD utfördes med varierande resultat på grund av bristande kunskap om vad LOD innebär samt hur man skall använda sig av LOD var begränsad. Idag eftersträvas implementering av begrepp som ”Hållbar dagvattenhantering” (Svenskt vatten, 2011), ”mångfunktionella ytor” (Boverket, 2010) och ”grå- gröna systemlösningar för hållbara städer” (Larm et.al, 2014).

Stahre (2004) skriver att hållbara dagvattenområden introducerades på 1990-talet genom att Rio-deklarationen och Agenda 21 introducerades. Detta innebar ett ökat krav på hur vi ska skydda vår miljö och arbeta för en hållbarhet. Ramdirektiven som infördes år 2000 i Europa som är till för att skydda och säkra alla vattendrag, kallas även för Vattendirektivet (Svenskt vatten, 2011). Direktivet gör att alla EU-medlemsländer förbinder sig att arbeta för en hållbar vattenkvalité där målet är att allt vatten skall kunna klassas som god år 2021. Vidare nämner Svenskt vatten (2011) att statusbedömningen på vattenkvalité görs via en ekologisk och en kemisk status. En god ekologisk status innebär att växter, djur, flöden och bottenstatus jämförs med ett referensförhållande som skall likna ett naturligt förhållande. En kemisk bedömning görs via bedömningar om hur mycket förorenade ämnen som hittas (Svenskt vatten, 2011). För att förhindra föroreningar finns en lista av 33-prioriterade ämnen som anses vara farliga eller anses skada vattenmiljöerna fastslaget i ramdirektivet vilket man arbetar för att förhindra spill och utsläpp av, exempel på dessa är bland annat organiska halogener, metaller, arsenik samt ämnen som kan bidra till övergödning i vattendrag som fosfor och nitrat (Svenskt vatten, 2011). Det betyder att förorenat dagvatten inte får släppas ut i vattendrag utan hänsyn inför miljöpåverkan måste tas. Förorenat dagvatten måste tas hand om i hållbara dagvattensystem för ett hållbart samhälle.

För att genomföra EU:s direktiv i Sverige har regeringen beslutat om en vattenförvaltningsförordning (Vattenmyndigheterna, u.å) som innebär att Sveriges tjugo länsstyrelser har det övergripande ansvaret. Länsstyrelserna har i sin tur delat upp Sverige i fem distrikt, Bottenvikens, Bottenhavets, Norra Östersjöns, Södra Östersjöns samt Västerhavets vattendistrikt, som i sin tur styrs av en tilldelad länsstyrelse som ansvarar för besluten i sitt distrikt (Vattenmyndigheterna, u.å). Detta innebär att på nationell nivå ansvarar statliga myndigheter, medan på regional nivå är det länsstyrelserna och på lokal nivå är det kommunerna som är ansvariga.

Hållbar dagvattenhantering

Begreppet grå- gröna lösningar kommer att användas för att beskriva olika typer av anläggningar som kan användas för att sträva efter en hållbar dagvattenhantering. En hållbar dagvattenhantering utnyttjar processer som liknar hur naturens egna sätt att ta hand om dagvatten som infiltration, perkolation, ytavrinning, trög avledning och fördröjning (Stahre, 2004). Nedan kommer ett urval av grå- gröna lösningar för dagvattenhantering som benämns hållbara i litteratur.

Regnbädd- Biofilter – Fridell och Jergmo (2015) skriver att en regnbädd är en konstruktion som använder sig av växter för att fördröja vatten, ta upp och bryta ner föroreningar i dagvatten samtidigt som den kan bidra till att öka den biologiska mångfalden. Reningsprocessen i biofiltret renar dagvatten på liknande sätt som sker i vattnets naturliga kretslopp med hjälp av fysikaliska, biologiska och kemiska processer i växtmaterialet och i marken. Regnbäddar kan utformas som upphöjda och nedsänkta konstruktioner.

Att använda sig av växtbäddar i samband med dagvatten gör att det finns flera olika lösningar och utformningar. Larm et.al (2014) beskriver flera användbara lösningar som kantstenslösningar vilket även kallas för curb extensions vilket är en nedsänkt växtbädd som fungerar bra i gatumiljö där det är möjligt att leda in dagvatten genom öppningar i kantstenen. Vidare beskrivs en växtbädd som är bättre lämpad för allmänna miljöer, vilket benämns som rainingarden eller regnbädd. Gemensamt är att använda biofilter vilket innebär växter för rening och fördröjning (Larm et.al, 2014). Regnbäddar kan utformas på olika sätt som nedsänkta i mark eller upphöjda och kan delas in i 5 olika grundkonstruktioner där skillnaden främst ligger på hur man avvattnar konstruktionerna. Den gemensamma konstruktionen handlar om inlopp, fördröjningszon, erosionsskydd, bräddavlopp, växtjord, bräddavlopp samt avvattning (Fridell och Jergmo, 2015). I en rapport av Blecken (2016) benämns regnbäddar mer som ett reningssystem än ett fördröjningssystem då fördröjningen ofta kan begränsas till normala regn klassat som 1–2 års regn då större regn än detta tvingas avrinna via bräddning. Vidare beskrivs att reningen av metaller i dagvatten kan uppnå till 80% i regnbäddar (Blecken, 2016). Att välja planteringar motiveras därför både i reningssyfte och fördröjningssyfte. Planteringar som ligger intill fastigheter kan göras om till upphöjda regnbäddar där stuprör utgör inlopp vilket kan omhänderta vatten från tak och planteringar som ligger i öppna ytor kan göras om till nedsänkta vilka får vatten genom höjdsättning eller rännalar. Göteborgs stad skriver att en regnbädd kan förväntas fördröja 0,2–0,4 m³ dagvatten/m² (Göteborg stad, 2015).

Genomsläppliga beläggningar – innebär en konstruktion som tillåter att dagvatten infiltreras genom ytan ner i marken (Svenskt vatten, 2011). Stahre (2004) uppger att exempel på genomsläppliga konstruktionsbeläggningar som kan användas är singel, gräs, naturgrus, genomsläppliga asfaltsbeläggningar, natursten med genomsläppliga fogar samt hålsten av betong med antingen gräs- eller grusfyllnad.

Fergusson (2005) nämner att asfalt är det ytmaterial som lämpar sig bäst för trafiksammanhang. Genomsläpplig asfalt innehåller ett sorterat grovkornigt material vilket tillåter bildandet av porer vid inblandning av asfaltmassa. Det är i dessa porer vatten kan transporteras vidare ner i beläggningen (Fergusson, 2005). Den genomsläppliga asfalten ska anläggas ovanpå en genomsläpplig överbyggnad i makadam där ett dräneringsrör kan placeras i nederkant av överbyggnaden som kan tillåta vattnet att transporteras vidare (Svenskt vatten, 2011). Vidare skriver Svenskt vatten (2011) att det finns risk att den genomsläppliga beläggningen kan sättas igen beroende på trafik/trafikbelastning och att halkbekämpning med finkornigt material ska undvikas. Om ytan sätts igen går det att högtrycksspola ytan för att åter öppna igensatta porer (svenskt vatten, 2011) eller använda vakuumsug (Fergusson, 2005).

Svackdike - Öppna avvattningstråk – Är en konstruktion som är utformad som ett dike beklätt med gräs som tillåter vattentransport och infiltration av dagvatten (Stahre, 2004). Svackdiken är ofta torrlagda men återfylls vid regn. Ett svackdike är ofta utformat med svagt sluttande kanter och är relativt grunda. Svackdiken har en god magasineringsförmåga vilket kan förbättras med stenfyllning av makadam samt underliggande dränering (Svenskt vatten, 2011).

Infiltration över gräsytor – Dagvatten kan ledas ut över gräsytor vilket innebär att gräsytan fungerar som en lokal fördröjning och infiltrationskälla (Svenskt vatten, 2011). Vanligt förekommande är att man kopplar bort stuprören och istället avleder dagvatten från hustak via rännalar ut mot en gräsmatta. En etablerad gräsyta har goda förutsättningar att infiltrera dagvatten. Den största delen av vattenupptagningen sker i gräsets vegetationszon (Stahre, 2004).

Stenfyllnadsmagasin – Kan benämnas som stenkista, fördröjningsmagasin och perkolationsmagasin. Denna konstruktion innebär ett magasin i marken som är fyllt med grovt material som singel eller makadam där porvolymen i fyllnadsmassorna tillåts fyllas med vatten (Stahre, 2004). Magasinen kan även fyllas med betongsektioner eller plastkassetter (Svenskt vatten, 2011). Magasinen är ett bra alternativ då det inte finns möjlighet till infiltration över gräsytor (Stahre, 2004). Magasinen kan anläggas nära markytan vilket dagvatten leds ner genom infiltration eller via brunnar. Magasinen kan även grävas ner, då leds dagvatten in via ledningar som sedan perkolerar ner i omgivande mark eller via en kontrollerad avtappning (Larm, 1994). Vidare beskriver Larm att magasinen är bra att använda till svagt förorenat vatten där direkt avledning till infiltrationsytor inte är möjlig och att konstruktionen är lämplig att använda för takvatten. Utformningen av magasinet beskriver Larm att magasinet bör göras långsmalt för att få största möjliga sidoyta eftersom det är där den största avrinningen kommer att ske. Magasinet bör vara horisontella i både topp och botten. Fyllningen kan ske med olika material som makadam eller plastkassetter men material bör väljas med så stor porvolym som möjligt, vilket sedan brukar kläs in i en fiberduk för att förhindra att omgivande jord slammar igen och minskar porvolymen (Larm, 1994). Enligt publikation p105 går det att räkna med att makadam har en hålrumsvolym på 25% (Svenskt vatten, 2011) jämfört med plastkassetter som har en hålrumsvolym på ca 96% beroende på fabrikat (Larm et.al, 2014).

Brunnsfilter – Dromberg (2009) beskriver att det på många platser är det tvunget att använda sig av brunnar för omhändertagande av dagvatten. Fördelen med brunnsfilter är att det går att applicera på befintliga brunnar då det är ett filter som fästs i brunnen som filtrerar dagvattnet igenom ett absorberande material (Dromberg, 2009). Vidare finns det olika typer av filter att

välja på vilket möjliggör användning av brunnsfilter i gatumiljöer till att användas för mer förorenade miljöer som bensinstationer. Brunnsfilter används främst för rening av dagvatten och har inte någon fördröjande effekt (Dromberg, 2009). Det finns ett stort urval filter att välja på bland leverantörer i allt från utformning och effekt. I en rapport av Dromberg (2009) beskrivs att användning av brunnsfilter är effektivast i ytor med låg trafikintensitet. Vidare benämns att under fältundersökningar avseende reningseffekter på olika filtertyper framkommer ett svårtolkat resultat angående hur väl brunnsfilter renade dagvattnet där det i vissa fall förekom en förhöjning av föroreningar (Dromberg, 2009). Detta tycks styrkas i en rapport av Alm et.al (2015) där det framkommer en positiv effekt i rening av ämnena kväve, ftalaten, DEHP, nonylfenol samt oktylfenol medan en negativ reningseffekt uppstod för olja, koppar, zink och krom vilket sammanfattas som att det inte gick att konstatera att brunnsfilter har en påverkan på dagvattenkvaliten.

Gröna tak – Stahre (2004) beskriver ett grönt tak som ett vegetationstäckte placerat på en takkonstruktion vilket ger en möjlighet till att fördröja avrinningen av dagvatten. Tekniken med denna tekniska lösning är att regnvattnet hålls kvar i vegetationstäcktet. Dunnett och Clayden (2007) skriver att vattenupptagningen möjliggörs genom att vattnet absorberas i takkonstruktionens substratöverbyggnad samt växternas förmåga att tillgodose sig vatten och transpirera ut i atmosfären. Vegetation i ett grönt tak består vanligast av en blandning av taklök, fetblad, fetknoppsväxter, torktåligt gräs och mossor (Stahre, 2004). Gröna tak med en tunn substratöverbyggnad, vilket är den vanligaste i Sverige, magasineras och minskar årsavrinningen med 50% (Svenskt vatten, 2011).

Det finns ett gott urval av återförsäljare och produkter för att anlägga gröna tak och man delar främst in gröna tak i tunna eller djupa konstruktioner (Svenskt vatten 2011). Faktorer som påverkar ett val av grönt tak är takkonstruktionen, hur mycket last taket är dimensionerad för samt vilken lutning taket har där en lutning på 30 grader eller mindre rekommenderas. En annan faktor som påverkar är hur mycket skötsel och underhåll det skall vara vilket även kan benämnas extensiva, semi- intensiva, intensiva tak (Scandinavian green roof institute, u.å)

Extensiva, Tunna gröna tak – Djupet på växtbädden, vilket är det samma som substratdjupet, är vanligtvis mellan 30–150 mm vilket ger laster på takkonstruktionen i vattenmättat tillstånd på ca 50–150 kg/m². Skötsel och underhåll rekommenderas en årlig tillsyn och skötselåtgärder vid behov vilket ofta är varje år, vart annat eller var tredje år. Vegetationen som begränsas till denna växtbädd är mossor, sedumväxter, lökväxter och torrängsväxter (Scandinavian green roof institute, u.å).

Semi- intensiva – Djupet på växtbädden/substratdjupet är vanligtvis mellan 120-350 mm vilket ger laster på takkonstruktionen i vattenmättat tillstånd på ca 250–500 kg/m². Här får man ett större urval av växter då man även kan plantera prydnadsgräs, vedartade örter, marktäckare samt en del buskar vilket innebär att skötselbehovet blir större än på ett tunt extensivt grönt tak (Scandinavian green roof institute, u.å).

Intensivt grönt tak, djupa gröna tak – Djupet på växtbädden är vanligtvis mellan 300-1000mm. Dessa ytor är ofta dimensionerade för vistelse och det är möjligt att plantera större växter som perennplanteringar, buskar och träd. Vikten kan variera beroende på växtbäddsdjup och val av växter till upp emot ett par ton per m² vilket innebär enorma belastningar för takkonstruktionen. Skötseln går att jämföra med en vanlig trädgård (Scandinavian green roof institute, u.å).

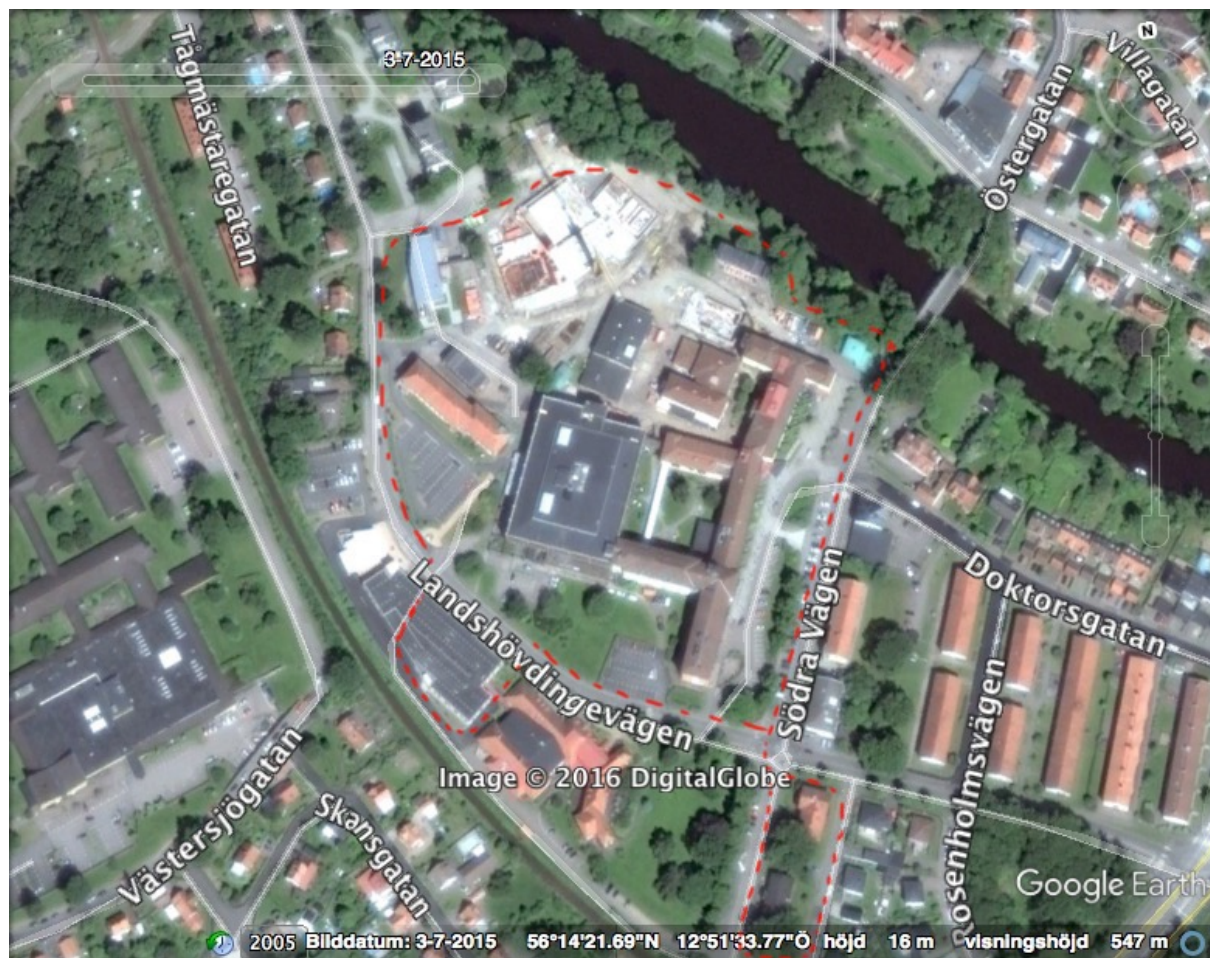
Andra fördelar med ett grönt tak – Då själva fördröjningskapaciteten genom vattenhållande förmågan är redovisad kommer andra fördelar vilket kan motivera en anläggning av ett grönt tak. Ett grönt tak bidrar till grönyta i våra ofta hårdgjorda förtätade städer vilket leder till en grönare stadsbild (Söderblom et.al, 1992). Vidare nämnder Söderblom et. al att ett grönt tak skapar förutsättningar för den biologiska mångfalden då växter, insekter och djur får nya livsrum. Det nämns även hur ett grönt tak bidrar till minskade temperaturvariationer vilket innebär att det högsta temperaturerna sänks och det låga temperaturerna höjs. Söderblom nämner även att ett grönt tak fungerar som ett filter i staden då dammpartiklar fastnar i det gröna taket och att den mjuka ytan i ett grönt tak ökar bullerdämpningen (Söderblom et.al, 1992). Ett exempel som studeras i boken Vatten i dagen handlar om stadsbiblioteket i Linköping som brann ner år 1996 och på återbyggnaden, vilket beräknades på 5000m² yta, vilket anlades med ett grönt tak vilket resulterade i en billigare lösning än ett vanligt tak med hjälp av ett underjordiskt dagvattenmagasin samt fördelarna med en lång hållbarhet, brandskydd och minskad energiåtgång beroende på sin isolerande effekt (Lönngren, 2001).

Växtbäddar – Träd och växters förmåga att ta vara på dagvatten genom vattenupptagningsförmåga skall inte underskattas utan träd skall ses som en resurs för dagvatten istället för ett problem (Stål, 2011). Ett exempel hämtat från Embrén et al (2009) handbok om växtbäddar nämns att en fullvuxen lind med en krondiameter på 14m förbrukar ca 670 liter vatten per dag under juli månad i Malmö sommaren 2006. Vidare beskrivs att träd i urban miljö lever ofta under svåra förutsättningar och kan man istället leda dagvatten till växtbädden så ger det träd extra resurser för fortsatt överlevnad. För att använda sig av denna metod krävs en ordentlig uppbyggd växtbädd där jorden ska ha en god dränerande förmåga och tillåta att överskottsvatten leds bort för att inte skapa syrebrist för träden (Embrén et.al, 2009). Att anlägga speciella växtbäddar, så kallad skelettjord kan göra att stora volymer vatten kan omhändertas i själva växtbädden. Vattnet infiltreras i växtbädden samtidigt som det ger träd bättre möjligheter för överlevnad då träd förbrukar stora mängder vatten under dess vegetationsperiod och då det avlastar trycket på andra metoder för dagvattenhantering (Embrén et.al, 2009). Konstruktionerna kan vara extra användbara i stadens hårdgjorda ytor där stadsträd ofta står i hårdgjorda varma ytor vilket innebär att stadsträd utsätts för extremt tuffa utmaningar. Att anlägga växtbäddar för att hantera dagvatten kan göras både vid nyplantering eller via befintliga renoveringar av växtbäddar men själva anläggningen blir lite mer komplicerad och kräver en större försiktighet vid växtbäddsrenoveringar (Embrén et al., 2009). Innan beslutet att använda växtbäddar för dagvattenhantering behövs kontroll av befintlig jord då den behöver ha en god infiltrationskapacitet vilket en ler- eller siltjord inte har. En utredning angående hur stor risk angående att vägsalt från runtomliggande ytor följer med dagvattnet ner i växtbädden vilket kan ge skador på både träd och jord. Samtidigt måste en övervägning ske angående trädets tålighet mot vatten beräknat på vilken mängd vatten som kommer att ledas till växtbädden och hur länge vattnet kan beräknas vara stående i växtbädden innan vattnet infiltreras vidare eller leds bort via dräneringsrör (Embrén et al., 2009). I ett exempel ifrån Stockholm där denna lösning används för att ta hand om dagvatten från en takyta beräknat på 2500m², vilket leds ut i en växtbädd för 12 träd där det har bevisats att träden har visat goda tecken på tillväxt (Stål, 2011).

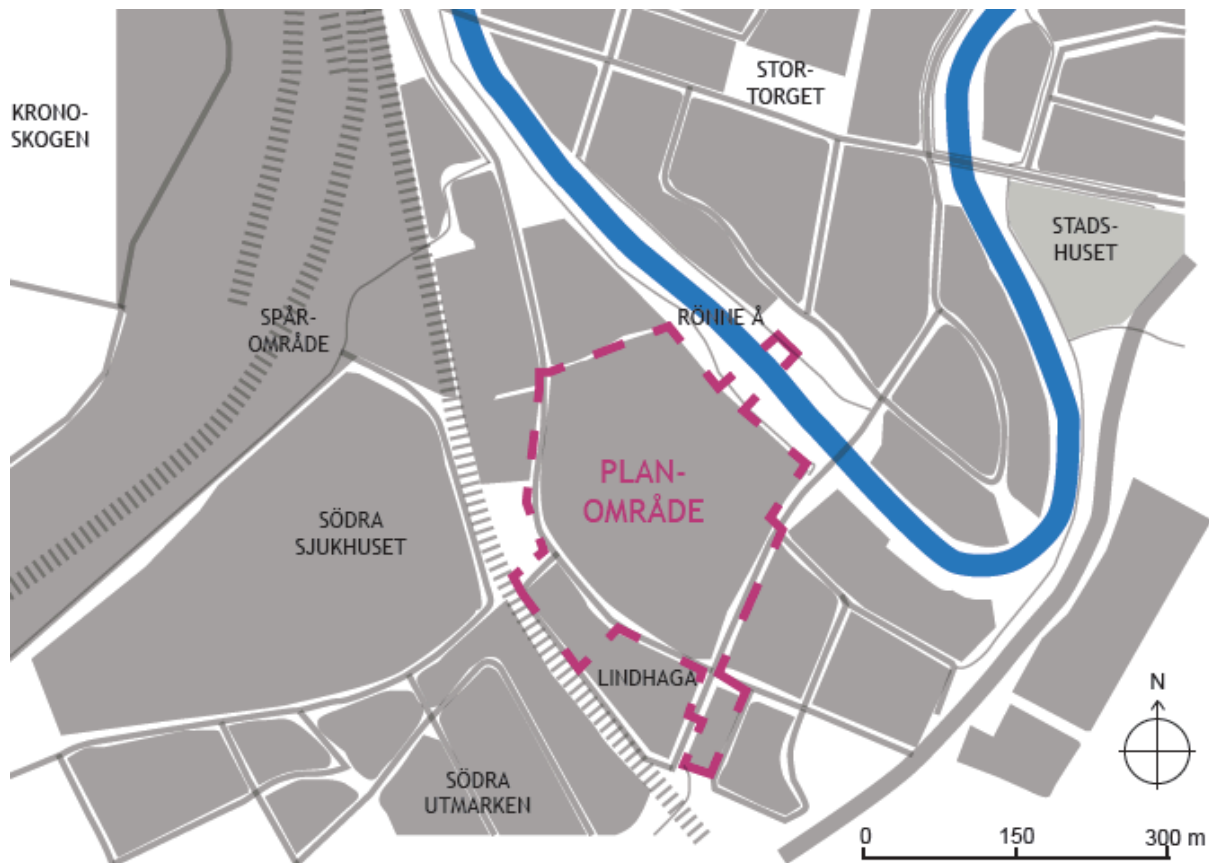
4. Fallstudie Hälsostaden Ängelholm

År 2011 upphandlade Region Skåne ett projekt som kallas för Hälsostaden i Ängelholm där uppdraget är att renovera och bygga ett nytt vårdområde i Ängelholm. Entreprenören som fick genomföra projektet är PEAB där Hälsostaden AB är beställare. Projektet omfattar ca 11 000 kvm nyproduktion samt 5000 kvm ombyggnation. Projektet hälsostaden förväntas vara klart år 2018 (PEAB, 2015). Även på denna tomtmark kommer ett nytt badhus att ta plats. Även detta projekt byggs av PEAB på uppdrag av Ängelholms kommun och KunskaPorten AB. Projektet badhuset förväntas vara klart hösten 2016 (Byggvärlden,2015).

Platsens förutsättningar - Planområdet är beläget söder om de centrala delarna av Ängelholm i angränsning med Rönne å (figur 2 och 3). Planområdet beräknas uppgå till ca 7,5 ha (Ängelholm kommun, 2015a). Vidare i detaljplanen går det att utläsa att vattenförekomsterna inom planområdet utgörs av grundvattenkategorin Ängelholm-Ljungbyhed som har Rönne å som avrinningsområde, båda omfattas av kvalitetskraven beslutade av Vattenmyndigheten för Västerhavets distrikt (Ängelholm kommun, 2015a). Planområdet ligger ca 10–13 meter över havet och angränsar till Rönnestråket som ligger ca 2 meter över havet. I detaljplanen under rubriken dagvatten går det att utläsa att på grund av närhet samt höjdförhållandet till Rönne å är området inte anslutet till ett kommunalt dagvattennät vilket innebär att området har egna dagvattenutlopp som leds direkt till recipienten som är Rönne å. Fortsättningsvis kommer kommunen att fortsätta leda ut dagvatten från området direkt ut i Rönne å och kommunen anser inte att risken för något förorenat vatten kommer nå ut i recipienten (Ängelholm kommun, 2015a).



Figur 2. Karta över planområdet. Google Earth/maps (2016). Tillgänglig:
<https://www.google.com/maps/@56.23943,12.85979,489m/data=!3m1!1e3>



Figur 3. Detaljplanens planområde för Ängelholm 3:319 m.fl., centrum, (Ängelholms kommun, 2015a)

Enligt detaljplanen (Ängelholms kommun, 2015a) bedöms grundvattnets kemiska och kvantitativa status som god och kommunen ser ingen risk för den kvantitativa statusen att uppnås 2015. Risk finns för den kemiska statusen då bekämpningsmedel från jordbruk pekas ut som den främsta boven för att riskera att god status inte uppnås 2015. För avrinningsområdet Rönne å som är recipienten i Hälsostadens fall bedöms enligt detaljplanen att Rönne å har en god kemisk och en otillfredsställande ekologisk status och risker finns att både den kemiska och den ekologiska inte går att klassas som god år 2015 (Ängelholm kommun, 2015a). Enligt en rapport beställd av Ängelholms kommun (Almström, 2010) drabbas Rönne å av översvämningar som i regel uppstår vid kraftiga regn eller snösmältning.

I detaljplanen (Ängelholms kommun, 2015a) framhävs att det är viktigt att arbeta med olika metoder att hantera och fördröja dagvattnet innan det når ut till recipienten och det finns flera metoder som effektivt fördröjer genom infiltration, använda regnvatten för att bevattna planteringar, arbeta med gröna tak, använda så lite hårdgjorda ytor som möjligt inom området samt att använda sig av genomsläppliga ytor för parkeringar och liknande.

5. Resultat

Inventering av platsen

En inventering, beräkning och sammanställning av nuvarande ytor vilka är beräknade på underlag (bilaga 1) från platsen i sammandrag. Hela beräkningarna finns i bilaga 2.

Tabell 1.

Yta	m2	% av total yta
Tak	7231	53,2
Plattor	3850	28,3
Asfalt	1426	10,5
Grus	57	0,4
Planteringar, Stråket	209	1,5
Natur, ängsplantering	714	5,3
Plantering innegård	106	0,8
Arbetsområde	13 593	100%

Dagvattenberäkning

För att kontrollera hur mycket dagvatten som släpps ut i Rönne å i baserat på gällande underlag samt för en jämförelse för att undersöka hur grå- gröna systemlösningar för dagvatten kan bidra till en hållbar dagvattenhantering behövs en dagvattenberäkning på platsen. Dagvattenberäkningen beräknas med hjälp av publikation p110 (Svenskt vatten, 2016).

Faktorer som påverkar platsens dagvattenavrinningen är:

- Markytans avrinningskoefficienter
- Regnintensiteten i liter per sekund och hektar
- Markytans storlek, hektar

Flödet bestäms via rationella metoden. För att rationella metoden skall ge ett relevant svar krävs ett rektangulärt område under 30 hektar med likartat fall. Regnintensitet bestäms via Dahlströms formel räknat på ett 10-års regn med ett tidsintervall på 10-minuter dvs ett regn som är så stort och omfattande att det bara beräknas återkomma vart tionde år och varar i 10 minuter. Formel för rationella metoden och Dahlströms finns i bilaga 3. Fastställande av avrinningskoefficienter görs enligt tabell 4.8 s.68 (Svenskt vatten, 2016). Avrinningskoefficienter är ett uttryck som innebär hur mycket nederbörd som avrinner efter avdunstning, infiltration, absorption genom växtlighet eller genom magasinering i markytans ojämnheter där högsta värde 0,9 innebär att nästan allt vatten avrinner och 0,1 där nästan inget avrinner (Svenskt vatten, 2016).

Avrinningskoefficienter - ytor

Enligt uträkning av flödet med hjälp av en sammanvägd avrinningskoefficient (0,77), aktuell yta i hektar (1,3593) och regnintensiteten beräknat på ett 10-års regn med 10 minuters varaktighet framkommer att den totala mängd regnintensitet är 228 l/s, ha och regnvattenflödet 238 liter/sekund (bilaga 3). Det innebär att vid ett 10-års regn är det 238 liter dagvatten per sekund som släpps ut i Rönne å via ytavrinning på mark samt avledning via befintliga dagvattenbrunnar.

6. Analys

Implementering av grå gröna lösningar för hållbar dagvattenhantering.

För att minimera det befintliga dagvattenflödet som är beräknat till 238 l/s skall ett försök att implementera grå – gröna systemlösningar som benämns hållbara i litteraturen för att se om och hur dessa skulle fungera på platsen och vilken effekt på det nuvarande flödet det får.

Vanliga tak till gröna tak – Takytan är beräknad på arbetsområdets största yta av dominerande material på 7231m² vilket innebär totalt 53,2% av den totala ytan (bilaga 2). Takytan har en avrinningskoefficient på 0,9 vilket innebär att nästan allt vatten rinner av vilket leder till att takyten är den största bidragande faktorn till dagvattenflödet. Ett tunt grönt tak vilket även är extensivt kan tyckas lämpligt att anläggas på Hålsostadens tak då det är det mest kostnadseffektiva alternativet beroende på det lägre kravet på takkonstruktionens uppbyggnad samt att det ger en lägre skötselkostnad. Ett tunt grönt tak med substratdjup/växtbädd 100mm kan enligt Svenskt vatten (2011) minska avrinningen med 50% vilket även kan beräknas med en avrinningskoefficient 0,45 se tabell 3.

Tabell 3. Avrinningskoefficienter Hälsostaden med ett grönt tak.

Avrinningskoefficienter - ytor

Typ av yta	Avrinningskoeff.	Aktuell yta kvm
Grönt tak	0,45	7 231
Betong- och asfaltyta, berg i dagen med stark lutning	0,80	1 426
Stensatt yta med grusfogar	0,70	3 850
Grusplan och grusad gång, obebyggd kvartersmark	0,20	57
Odlad mark, gräsyta, ängsmark etc	0,10	1 029
sammanvägd avrinningskoeff. (φ)	0,53	13593
reducerad yta kvm		7203,9837

Resultatet att använda sig av ett grönt tak med avrinningskoefficient 0,45 jämfört med en vanlig takkonstruktion med avrinningskoefficient 0,9 innebär en minskning där den sammanvägda avrinningskoefficienten blir 0,53 se tabell 3. Skillnaden i utflöde från området med en förändring från vanligt tak 238 l/s blir istället med ett grönt tak 164,2 l/s (bilaga 4).

Detta medför att om ett extensivt grönt tak hade använts istället för en vanlig takkonstruktion i Hälsostaden hade denna gröna lösning reducerat dagvattenflödet med 31% samtidigt som andra fördelar som ett grönt tak medför bör räknas in.

Vanlig asfalt till genomsläppliga beläggningar – Nuvarande asfaltytor är beräknad till 1426 m² vilket utgör 10,6 % av den totala ytan (bilaga 2). Det finns flera olika beläggningar vilka kan användas för att möjliggöra att dagvatten infiltreras ner i marken. Då nuvarande yta är bestämd till asfalt och inte någon av de andra konstruktionerna som skulle kunna användas som singel, gräs, naturgrus, natursten med genomsläppliga fogar eller hålsten med grus/gräsfyllnad. Detta kan motiveras då Hälso Stadens funktion som sjukhusområde kräver en tillgänglighet vilket säkert har beaktas i valet av denna yta.

Nygjord genomsläpplig asfalt har avrinningskoefficient på 0,12–0,4 och efter 3 till 4 år 0,18–0,29 (Fergusson, 2005).

Tabell 4. Avrinningskoefficienter Hälsostaden med genomsläpplig asfalt.

Avrinningskoefficienter - ytor

Typ av yta	Avrinningskoeff.	Aktuell yta kvm
Tak	0,90	7 231
Genomsläpplig asfalt	0,40	1 426
Stensatt yta med grusfogar	0,70	3 850
Grusplan och grusad gång, obebyggd kvartersmark	0,20	57
Odlad mark, gräsyt, ängsmark etc	0,10	1 029
sammanvägd avrinningskoeff. (φ =)	0,73	13593
reducerad yta kvm		9887,5337

Resultatet att använda sig av en genomsläpplig asfalt med avrinningskoefficient 0,4 vilket är högt räknat på en nygjord asfalt men som då har samma värde som en grusad väg vilket kan kännas rimligt jämfört med en vanlig asfaltsyta med avrinningskoefficient 0,8 innebär det en minskning där den sammanvägda avrinningskoefficienten blir 0,73 se tabell 4. Skillnaden i utflöde från området med vanligt asfalt 238 l/s blir istället med en genomsläpplig asfalt 225,4 l/s. Se uträkning bilaga 5.

Detta medför att om genomsläpplig asfalt hade använts istället för en vanlig asfalt i Hälsostaden hade denna grå lösning reducerat dagvattenflödet med ca 5%. Förändringen från vanlig asfalt till genomsläpplig asfalt är ej stor med hänseende till funktion och estetik.

Planteringar till Regnbädd – Nuvarande planteringsytor är beräknade till 1029 m². En förändring av planteringar till regnbäddar kommer bara att ta i anspråk ytor ifrån planteringar innegårdar samt stråket vilket då blir beräknat till 315m² då övriga ytor är klassade som parkmark där det finns befintliga träd.

Resultatet att använda sig av regnbäddar kommer att ske med en förenklad gemensam uppbyggnad på 30 cm där en ökning av magasineringskapacitet beräknat med $315\text{m}^2 \times 0,30 = 94,5\text{m}^3$ vilket resulterar att Hälsostaden får $94,5\text{ m}^3$ extra volym som kan används till att fördröja dagvatten i. Det kan förklaras med en gemensam uppbyggnad på Hälsostadens regnbäddar där ett dräneringsrör ligger under regnbädden och ett breddavlopp finns där skillnaden mellan växtjord och bräddavlopp är 30 cm. Eftersom det är en implementering gjord på nuvarande planteringar innebär det ingen större avvikelse med gröna karaktärer vilket nuvarande planteringar står för. Det blir främst en skillnad på användandet av lämpligt växtmaterial då det i en regnbädd behöver vara växter som klarar av stora mängder vatten och samtidigt klarar av perioder med torka. Det är möjligt att kvalitén i växtmaterialet periodvis kan vara mindre tilltalande samt att ökad risk för slambildning och en risk för ökad mängd skräp, vilket då kräver mer skötselinsatser i rensning av skräp, brunnar och skötsel av växter jämfört med vanliga planteringar. Vinster i dagvattenhantering bör ställas mot förluster i estetik samt skötsel där en behovsanalys vilket resulterar i vad som bör satsas på, vilket i detta syfte utgår ifrån dagvattenhantering.

Swackdike – Är en bra konstruktion för vattentransport och infiltration av dagvatten vilket är användbart bland annat utmed tomtgränser (Stahre, 2004). I Hälsostadens begränsade arbetsområde finns ingen lämplig plats till denna lösning. Om arbetsområdet hade varit större kunde denna lösning användas någonstans mellan fastigheterna och tomtgräns för att minimera mängden dagvatten som leds ut till närliggande tomtmarker.

Infiltration över gräsytor – Är en konstruktion som ofta används för att eftersträva en lokal fördröjning och infiltrationskälla, vilket ofta skapas dagvatten från hustak leds ut över gräsyta. Hälsostadens begränsade arbetsområde gör att gräsytan som skulle kunna tänkas användas för detta är begränsad till en liten yta, vilket hade inneburit att vatten transporteras ut på en annan tomtgräns. Även i denna yta finns en asfaltsgång samt grusgång vilket hade inneburit onödiga mängder vatten som skulle kunna leda till problem med tillgänglighet. Alternativet stenfyllnadsmagasin rekommenderas att användas när infiltration över gräs ej är möjligt (Stahre, 2004).

Stenfyllnadsmagasin/fördröjningsmagasin – Enligt publikation p105 går det att räkna med att makadam har en hålrumsvolym på 25% (Svenskt vatten, 2011) jämfört med plastkassetter som har en hålrumsvolym på ca 96% beroende på fabrikat (Larm et.al, 2014). Detta gör att plastkassetter är ett mer utrymmeseffektivt fyllnadsmaterial jämfört med makadam. Då inte någon större infiltration över gräsytor är möjligt i Hälsostadens fall tycks detta vara ett bra alternativ att implementera på Hälsostaden.

För att använda sig av ett fördröjningsmagasin uppbyggt på plastkassetter som är dimensionerat för att fördröja allt utflöde beräknat på nuvarande förutsättningar med en reducerad yta 10458m^2 behövs ett magasin med en effektiv volym på 322m^3 . Se bilaga 7.

Eftersom detta är en konstruktion gömd i mark gör detta ingen större skillnad i karaktär för stråket. Svårigheter i var och hur denna konstruktion placeras, där framtida skötselinsatser för magasinet bör tas i anspråk, då ett fördröjningsmagasin kan behövas spolas för att återuppnå sin effekt eftersom risk finns för att partiklar fastnar, vilket leder till minskad effekt.

Brunnsfilter – Med hänsyn till resultaten av studerade fältundersökningar avseende reningseffekterna visade sig svårtolkat (Dromberg, 2009) och även en förhöjning av föroreningar (Alm et.al, 2015) är användningen av brunnsfilter på Hälsostaden överflödigt med hänseende till en onödig kostnad beräknat på slutresultatet.

Växtbäddar – Träden i Hälsostadens fall är gamla och befintliga och står i en varierad gräs/planteringsyta. Att göra växtbäddsrenoveringar vilket möjliggör omhändertagande av dagvatten känns onödigt riskabelt i Hälsostadens fall. I detaljplanen för platsen går det att utläsa att en geoteknisk undersökning har gjorts där det beskrivs att markens övre fyllnad består av mestadels sand, silt och lera. I underliggande lager övergår jorden till en naturligt lagrad lerig silt, vilket vilar på en ett lager av en fast siltig lera (Ängelholms kommun, 2015a). Då dessa jordlager ej har goda förutsättningar för dränering gör att ett omfattande arbete i renovering av växtbäddar med bland annat installationer av dräneringsrör skulle behövas för att om möjligt använda sig av dessa i dagvattensyfte. Detta skulle leda till stora risker för trädet då arbetet kan skada redan etablerade rötter samt en stor kostnad för arbetet. Detta skulle varit ett bättre alternativ vid nyplantering då en lämplig lösning kunde byggts från början. Då kunde växtbäddar i sammanfogade stråk byggas vilket kunde resultera i större skelettjordsvolym som då kunde vara ett bra alternativ för att användas till

dagvattenhantering. Lämpligt trädval kunde gjorts efter beräknade förutsättningar beroende på huruvida växtbäddarna skall användas i dagvattensyfte.

Systemlösning

Om användandet av flera grå- gröna dagvattenlösningar hade implementerats på Hälsostaden där ovan nämnda lösningar som visat sig resulterat i ett analytiskt positivt resultat till ett sammanhängande system där de olika lösningarna hjälps åt för att åstadkomma en hållbar dagvattenhantering kommer resultatet av detta undersökas vidare. Systemlösningen för hållbar dagvattenhantering omfattar följande konstruktioner:

Grönt tak – fördröjning och rening med hjälp av växter.

Genomsläpplig asfalt – Fördröjning, rening via infiltration i mark.

Regnbäddar – Fördröjningsmagasin, rening via växter och infiltration i mark.

Stenfyllnadsmagasin – Fördröjningsmagasin, rening via infiltration i mark.

Resultaten av att använda sig av dessa lösningar hade inneburit följande ytor och avrinningskoeffecienter. Se tabell 5.

Tabell 5. Avrinningskoefficienter Hälsostaden med en systemlösning.

Avrinningskoefficienter - ytor

Typ av yta	Avrinningskoeff.	Aktuell yta kvm
Grönt tak	0,45	7 231
Genomsläpplig asfalt	0,40	1 426
Stensatt yta med grusfogar	0,70	3 850
Grusplan och grusad gång, obebyggd kvartersmark	0,20	57
Odlad mark, gräsyta, ängsmark etc	0,10	1 029
Sammanvägd avrinningskoeff. (ϕ)	0,49	13593
reducerad yta kvm		6633,5837

Systemlösningen ger en sammanvägd avrinningskoeffecient 0,49. Beräknat utflöde blir då 151,8 liter / sekund. Se bilaga 6.

Detta innebär en minskning från Hälsostadens nuvarande förutsättningar 238 l/s till en reducerad mängd utflöde till 151,8 l/s som innebär en reduktion på 36,2% med hjälp av grå gröna systemlösningar för en hållbar dagvattenhantering.

För att använda sig av ovanstående systemlösning samt av ett fördröjningsmagasin uppbyggt på plastkassetter vilket är mest platseffektivt som är dimensionerat för att fördröja allt utflöde = 0 l/s beräknat på grå gröna systemlösningarnas förutsättningar en reducerad yta 6633 m². Behövs en magasinuppbyggnad med en effektiv volym på 205m³ (bilaga 8).

Regnbäddarnas 94,5 m³ fördröjningskapacitet kan tillgodoräknas vilket gör att fördröjningsmagasinet endast behöver utformas till 110,5m³ effektiv volym. (205-94,5 = 110,5)

Detta gör att det är fullt möjligt att använda ytan stråket att gräva ner ett fördröjningsmagasin uppbyggt av plastkassetter.

7. Diskussion

Experter och forskare förutspår ett förändrat klimat men exakt hur klimatet kommer att bli råder det delade meningar om. Däremot är en ökad mängd nederbörd samt ett varmare klimat ett faktum (Statens offentliga utredningar, 2007). Angående litteratur som berör området hållbar dagvattenhantering, framkommer en del skillnad utifrån publiceringsår. Äldre litteratur nämns enbart de traditionella sätten vilket i sig betyder snabb avledning av dagvatten utan tanken att efterlikna naturens sätt att fördröja och rena dagvatten. Detta kan antas beror på att hållbart dagvatten med hjälp av grå- gröna lösningar är förhållandevis nyetablerat jämfört med det traditionella sättet att hantera dagvatten på, vilket medför att ju nyare litteraturen varit ju mer fakta kring de olika lösningarna har det funnits samtidigt som mer analytiska fakta förekommer (Larm et.al, 2014). Detta medförde att sökandet på nätet efter färsk forskning inom hållbar dagvattenhantering visade sig vara det effektivaste. Eftersom flera av författarna dyker upp i mängder av olika litteratur inom området samt i flera arbeten som berör ämnet, görs bedömningen att källorna kan antas vara trovärdiga. Något som däremot saknas i litteraturen var färsk forskning om hur dessa lösningarna verkligen fungerar i våra utemiljöer i Sverige. Då det förekommer försök med grå- gröna anläggningar runt om i Sverige kommer det med tiden att publiceras mer fakta om hur dessa fungerar i praktiken (Larm et.al, 2014).

Fallstudien där en implementering av grå- gröna lösningar gjordes på Hälsostaden, kan slutsatsen tas att dessa lösningar bidrar till en mer hållbar utveckling jämfört med ett traditionellt dagvattensystem eller på platser där det saknas ett system för dagvattenhantering. Efter en inläsning av platsens förutsättningar genom detaljplanen (Ängelholms kommun 2015a) nämns att det inte finns någon anslutning till kommunalt dagvattennät och på grund av närheten samt höjdförhållandet till Rönne å används den som recipient. Vidare i detaljplanen (Ängelholms kommun, 2015a) poängteras vikten av att använda sig av flera metoder för att fördröja dagvattnet innan det når ut till Rönne å. Metoder som nämns är att nyttja dagvattnet genom att bevattna planteringar, att använda sig av gröna tak, genomsläppliga ytor samt använda sig av så lite hårdgjorda ytor som möjligt. Därför blev jag förvånad när inga av de nämnda systemen fanns på platsen.

Hälsostaden får efter implementering av ovanstående lösningar från studien en mer hållbar dagvattenhantering. Detta resulterar i ett minskat utflöde mot recipienten Rönne å samtidigt som dagvattnet med största sannolikhet blir mindre förorenat i och med konstruktionernas reningseffekter, vilket däremot inte tas upp nämnvärt i denna studie. Detta i sig ger Rönne å bättre förutsättningar på grund av ett system av grå- gröna lösningar som hjälps åt med en fördröjning och rening av dagvattnet jämfört med befintliga ytor där huvuddelen av dagvattnet leddes rakt ut i Rönne å. Hälsostaden får även mer grönyta tack vare det gröna taket, vilket främjar både oss människor samt den biologiska mångfalden. Implementeringen är gjord utan att ändra platsens huvudfunktioner vilket är ett sjukhusområde och där badhuset ska vara en tillgänglig plats för samtliga besökare. Platsen ska även kännas inbjudande och ge upphov till vistelse. Då implementeringen är gjord med hänseende till dessa förutsättningar och genom inte allt för stora förändringar av platsens karaktär, är ytorna ersatta med liknande konstruktioner för en hållbar dagvattenhantering.

Eftersom mina resultat i en implementering av sådana system som nämns i detaljplanen visar goda resultat i hållbar dagvattenhantering blir jag fundersam på varför dessa har fallit bort i byggprocessen samt var i byggprocessen sådana lösningar har prioriteras bort.

Då studien inte nämnvärt tar hänsyn till de ekonomiska aspekterna så kan man undra om dessa lösningarna är för dyra att anlägga eller ta hand om? Andra aspekter som man kan vara frågande till är hur väl fungerar dessa lösningar på vintern? Hur mycket kan dessa lösningar förväntas rena dagvattnet? Hur mycket föroreningar i dagvattnet kan det finnas i på en sådan plats som Hälsostaden? Förväntad livstid på konstruktionerna? Detta frågeställningar är områden som är värda att fortsätta studera för att undersöka dessa lösningar i ett helhetstänkande för att undersöka om användandet av dessa lösningar är hållbara i ett långsiktigt samhällsbyggnadsperspektiv.

Angående platsen Hälsostaden där kommunen bedömer att risken för att dagvattnet ska förorena Rönne å är liten. Samtidigt kan det inte anses vara hållbart utifrån ett långsiktigt samhällsperspektiv att enbart använda sig av att låta Rönne å omhänderta planområdets dagvatten. Eftersom Hälsostaden är ett projekt som består av redan bebyggd mark där nybyggnation kombineras med renovering av gamla delar så uppstår svårigheter i anläggandet av grå- gröna systemlösningar. Det är fördelaktigare med en nybyggnation från grunden där platsens förutsättningar kan anpassas till resurser i dagvattenhantering i ett tidigt skede. Vilket då är lättare att optimera till goda förutsättningar samtidigt som alla berörda parter i byggnationen kan vara med att projektera, konstruera, tänka och tycka till.

En personlig reflektion är ändå att ett eller flera lösningar för en hållbar dagvattenhantering bör ha implementerats på Hälsostaden för att visa invånarna att ett hållbarhetstänkande finns även där platsens förutsättningar inte är optimala. Särskilt när kommunerna ställer höga krav på att invånarna skall omhänderta sitt egna dagvatten och sträva efter ett lokalt omhändertagande inom tomtgränsen. Det kan finnas faktorer som inte har studerats i denna studie vilket kan påverka fallstudiens resultat då en begränsning i projektet Hälsostadens underlag finns som bland annat berör hur förutsättningarna ser ut under marken, i form av befintliga kulvertar, ledningar och rör. Detta då dessa handlingar är sekretessbelagda för att inte ge upphov till eventuella sabotage. Skulle detta resultera i att en eller flera lösningar för en hållbar dagvattenhantering är omöjliga att anlägga på platsen, är det istället lämpligt att finna resurser för att rena recipienten Rönne å för att säkerställa en hållbarhet med hänsyn till föroreningar. Detta tror jag inte är en anledning till avsaknaden av hållbara lösningar för att hantera dagvatten utan jag är övertygad av att någon av dessa grå- gröna lösningar skulle kunna vara användbara på platsen. Problemet handlar om att komma ifrån det gamla sättet att avleda dagvatten på, den enkla och snabba vägen utan att krångla till det i onödan.

Till sist är jag säker på att vi i framtiden kommer få ökade krav om hur vi ska hantera dagvatten. Då är jag fortsatt positiv till användandet av grå- gröna lösningar för att sträva efter hållbara städer. Särskilt de lösningar som innehåller fler värden än att bara handla om funktionen dagvatten som då kan bidra med flera samhällstjänster för att bygga hållbara städer.

8. Källförteckning

- Almström, B (2010). *Översiktlig analys av översvämningsrisk och erosion längs Rönne å i Ängelholms kommun* (2010). [online]. Sweco, Malmö. Available from: <http://www.engelholm.se/Web/Handlers/FileDownloadForRegister.ashx?Id=fed30232-031d-4385-b298-69655a85ad92> [Accessed 2016-12-18].
- Alm, H., Banach, A., Rennerfelt, J. (2015). *Utvärdering av filter i dagvattenbrunnar- en fältstudie i Nacka kommun. Rapport nr: 2015-12*. [online]. Bromma: Svenskt vatten . Available from: http://vav.griffel.net/filer/SVU-rapport_2015-12.pdf [Accessed 2016-12-05].
- Berggren, H., Bramryd, T., Henrikson, L., Hogland, W., Holmstrand, O., Lind, B., Rosenqvist, T., Stenmark, C. (1991). *Lokalt omhändertagande av dagvatten : erfarenheter och kunskapsuppbyggnad under 1970- och 1980-talen*. Göteborg. Chalmers tekniska högskola, Geohydrologiska forskningsgruppen, 0347-8165 ; 91.
- Blecken, G., (2016). *Kunskapssammanställning Dagvattenrening. Rapport nr: 2016-05*. [online]. Bromma: Svenskt vatten . Available from: http://www.svensktvatten.se/contentassets/979b8e35d47147ff87ef80a1a3c0b999/svu-rapport_2016-05.pdf [Accessed 2016-12-05].
- Boverket (2010). *Mångfunktionella ytor : klimatanpassning av befintlig bebyggd miljö i städer och tätorter genom grönsstruktur* (2010). [online]. Karlskrona: Boverket. Available from: http://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2010/mangfunktionella_ytor.pdf [Accessed 2016-12-18].
- Byggvärlden (2015) *Byggstart för Rönnebadet*. [online]. Byggvärldens redaktion. Available from: <http://www.byggvarlden.se/byggstart-for-ronnebadet-89045/nyhet.html>. [Accessed 2016-12-29].
- Clowes, A. & Comfort, P. (1987). *Process and landform : an outline of contemporary geomorphology*. Harlow: Oliver & Boyd. (Conceptual frameworks in geography). ISBN 978-0-05-004059-1.
- Dunnett, N. & Clayden, A. (2007). *Rain gardens : managing water sustainably in the garden and designed landscape*. Portland, Or.: Timber Press. ISBN 978-0-88192-826-6.
- Dromberg, P., (2009). *Brunnsfilter för rening av vägdagvatten. Rapport nr: 5-2009*. [online]. Stockholmsvatten VA AB. Available from: http://www.stockholmsvatten.se/globalassets/pdf1/rapporter/dagvatten/brunnsfilter_for_rening_av_vagdagvatten.pdf [Accessed 2016-12-05].
- Embrén, B., Alvem, B-M., Stål, Ö., Orvesten, A. (2009). *Växtbäddar i Stockholm stad: En handbok* (2009). [online]. Stockholm : Trafikkontoret. Available from: www.stockholm.se/PageFiles/153375/TK_Vaxtbaddar_StockholmsStad.pdf [Accessed 2016-12-03].
- Ferguson, B. K. (2005). *Porous pavements*. Boca Raton: CRC Press. (Integrative studies in water management and land development ; 5). ISBN 978-0-8493-2670-7.

- Fridell, K. & Jergmo, F. (2015). *Regnbäddar - biofilter för behandling av dagvatten*. Alnarp: Movium.
- Göteborg stad (2015). *Detaljplan för blandad bebyggelse vid Almedals fabriker, Dag- och högvattenskyddsutredning*. [online]. Göteborg stad kretslopp och vatten. Available from: [http://www4.goteborg.se/prod/intraservice/namndhandlingar/SamrumPortal.nsf/3BD14459EF74FBCBC1257F1700468C42/\\$File/05.Dag%20och%20hogvattenskyddsutredning.pdf?OpenElement](http://www4.goteborg.se/prod/intraservice/namndhandlingar/SamrumPortal.nsf/3BD14459EF74FBCBC1257F1700468C42/$File/05.Dag%20och%20hogvattenskyddsutredning.pdf?OpenElement) [Accessed 2016-11-23].
- IPCC (Ed) (2008). *Climate change 2007:: contribution of ... to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 4: Synthesis report: [a report of the Intergovernmental Panel on Climate Change]*. Geneva: IPCC. ISBN 978-92-9169-122-7.
- Larm, T. (1994). *Dagvattnets sammansättning, recipientpåverkan och behandling : [Stormwater characterization, impacts on recipients and treatment]*. Stockholm : Svenska vatten- och avloppsverksfören. (VAV) i samarbete med Tekniska högsk. (KTH) och Stockholm vatten ; (VA-forsks rapportserie, 1102-5638 ; 1994:06). ISBN 978-91-88392-80-0.
- Larm, T., Lindfors, T., Bodin-Sköld, H. (2014). *Inventering av dagvattenlösningar för urbana miljöer*. Vinnova – Utmamaningsdriven innovation – Hållbara städer, (Diarienummer: 2012–0127) Available from: http://www.greenurbansystems.eu/sv/resultat/Documents/GrGr_WP4_Inventering%20av%20dagvattenlosningar%20for%20urbana%20miljor%20ink%20bilagor.pdf [Accessed 2016-11-23].
- Lönngrén, G. (2001). *Vatten i dagen : exempel på ekologisk dagvattenhantering*. Stockholm: Svensk byggtjänst. (Stad & land (Alnarp. 1982), 0280-4549 ; 165). ISBN 978-91-7332-958-3.
- PEAB, (2015). *Peab bygger nytt för vården i Ängelholm*. [online] (News Powered by Cision). Available from: <http://news.cision.com/se/peab/r/peab-bygger-nytt-for-varden-i-angelholm,c9715629>. [Accessed 2016-12-29].
- Persson, B., Bucht, E. & Lind, B. (1990). *Plats för regn*. Alnarp: MOVIMUM och svenska vatten- och avloppsverksförbundens (VAV) FoU-projekt VA-FORSK. (Stad & land (Alnarp. 1982), 0280-4549 ; 86). ISBN 978-91-576-4302-5.
- Scandinavian Green Roof Institute (uå). *Om Gröna Tak – Scandinavian Green Roof Institute*. [online]. Available from: <http://greenroof.se/om-grona-tak/>. [Accessed 2016-12-29].
- Stahre, P. (2004). *En långsiktigt hållbar dagvattenhantering : planering och exempel*. Stockholm: Svenskt vatten. ISBN 978-91-85159-17-8.
- Statens offentliga utredningar (2007). *Sverige inför klimatförändringarna - hot och möjligheter - Regeringen.se*. [online]. Available from: <http://www.regeringen.se/rattsdokument/statens-offentliga-utredningar/2007/10/sou-200760-/>. [Accessed 2016-12-29].

Stål, Ö. (2011). *Träd och hantering av dagvatten går det att kombinera?* (2011). [online]. Uppsala: VIÖS AB. Available from: myndighet.avloppsguiden.se/attachments/download/125/Orjan_Stal_VAK11.pdf [Accessed 2016-12-03].

Svenskt vatten (2004). *Dimensionering av allmänna avloppsledningar; publikation P90*. (2004). Stockholm: Svenskt vatten.

Svenskt vatten (2011). *Hållbar dag- och dränvattenhantering : råd vid planering och utformning ; publikation P105* (2011). Stockholm: Svenskt vatten.

Svenskt vatten (2016). *Avledning av dag-, drän- och spillvatten : funktionskrav, hydraulisk dimensionering och utformning av allmänna avloppssystem ; publikation P110*. (2016). Stockholm: Svenskt vatten.

Söderblom, P., Nyström, P., Pinto-Guillaume, E. M. & Söderblom, P. (1992). *Sedumtak : lätta gröna tak av sedumväxter*. Stockholm: Byggförl. [distributör]. (Skrift (Arkus), 1652-6430 ; 14).

Vattenmyndigheterna (u.å). *Vattenförvaltningens mål*. [online]. Länsstyrelserna. Available from: <http://www.vattenmyndigheterna.se:80/Sv/introduktion-till-vattenforvaltning/roller-och-ansvar/Pages/default.aspx>. [Accessed 2016-11-23].

Westlin, S. (2012). *Klimatanpassning i fysisk planering : vägledning från länsstyrelserna*. [Malmö : Länsstyrelsen i Skåne län] ; ISBN 978-91-86533-61-8.

Ängelholms kommun (2015a). *Detaljplan för Ängelholm 3:139 Planbeskrivning DP 1087*. [online]. Ängelholm. Available from: <http://195.216.51.13/Filer/Engelholm/Planer/DP%201087.pdf> [Accessed 2016-11-23].

Ängelholms kommun (2015b). *Dagvattenpolicy 2015*. [online]. Ängelholm. Available from: <http://www.engelholm.se/Documents/Bygga,%20bo%20och%20miljö/Vatten%20och%20avlopp/Dagvattenpolicy%20för%20Ängelholms%20kommun%20-%202015-09-21.pdf> [Accessed 2016-11-23].

Opublicerat material

Ritningsunderlag – Ingemar, Markplan. AB., Andreas, Landskapsprojektören Syd AB.

Figurer/Bilder

Figur 1.

Vattnets naturliga kretslopp, illustration Sebastian Eriksson omarbetad efter (Clowes, A., Comfort, P., 1987).

Figur 2.

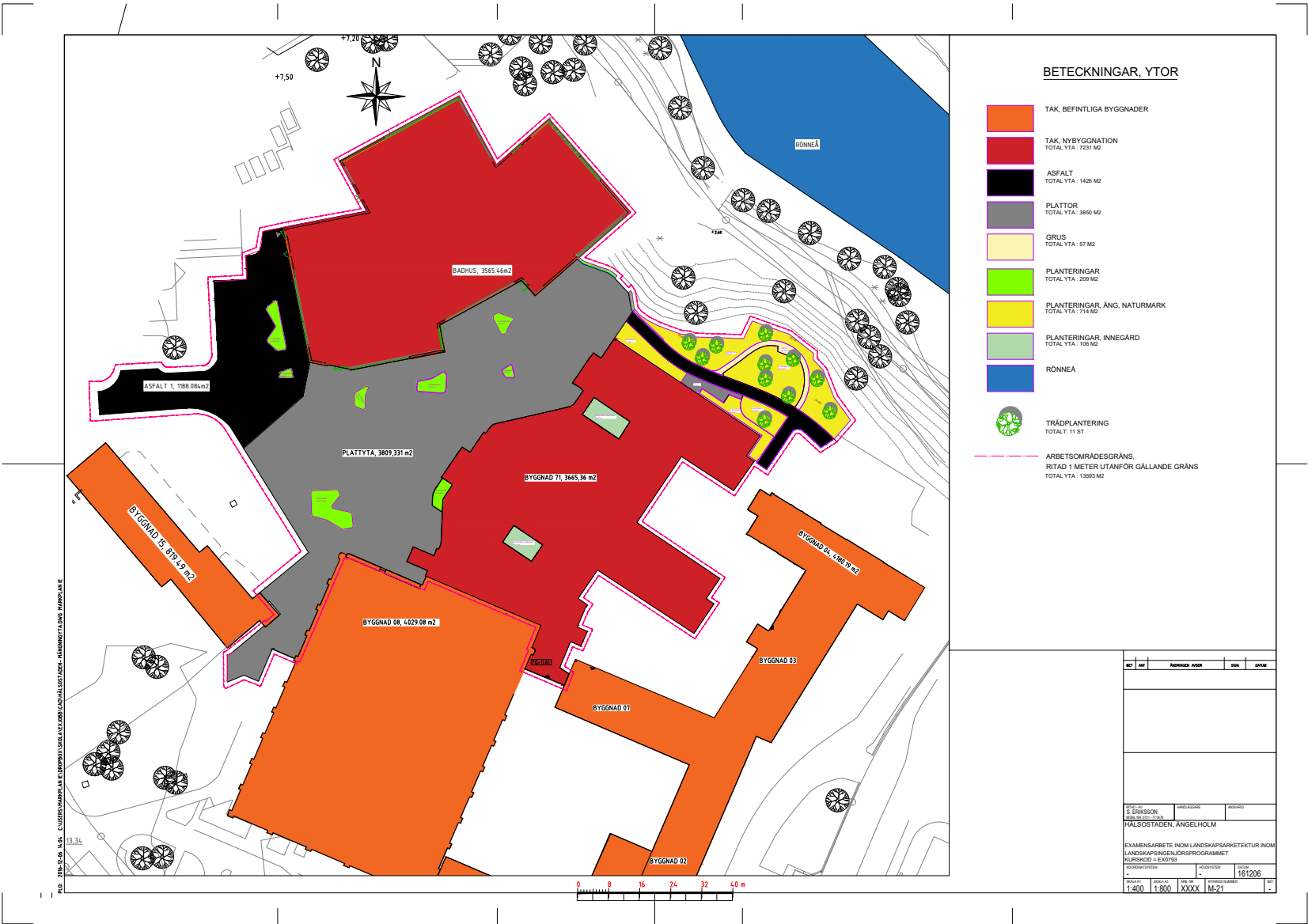
Karta över planområdet. Google Earth/maps (2016). Tillgänglig:
<https://www.google.com/maps/@56.23943,12.85979,489m/data=!3m1!1e3>

Figur 3. Detaljplanens planområde för Ängelholm 3:319 mfl, centrum, (Ängelholms kommun, 2015a). Tillgänglig: <http://195.216.51.13/Filer/Engelholm/Planer/DP%201087.pdf>

7. Bilagor

Bilaga 1.

Arbetsområde Hälsostaden, Klassificering av nuvarande ytor. Omarbetad mängdning och inventering från ritningsunderlag.



Bilaga 2.

Mängdning av klassificierade ytor. Sammanställning från ritningsunderlag.

Arbetsområde	Yta (m2)	TAK-NYTT	YTA (m2)	PLATTYTOR	Yta (m2)	ASFALT	Yta (m2)	GRUS	Yta (m2)	PLANTERINGAR STRÅKET	Yta (m2)	ÄNGSPLANTERING	Yta (m2)	PLANTERINGAR INNEGÅRD	Yta (m2)
	13593	Badhus	3565,47	Stråket	3809,33	Asfalt 1	1188,08	Grus 1	56,63	A	35,45	Plantering 1	67	1	46,07
		Byggnad 71	3665,36	Plattytta 2	40,68	Asfalt 2	238,08			B	5,78	Plantering 2	63,05	2	59,50
										C	14,28	Plantering 3	65,40		
										D	68,14	Plantering 4	328,36		
										E	22,19	Plantering 5	190,40		
										F	27,66				
										G	17,34				
										H	7,09				
										I	7,50				
										J	3,50				
Totalt:	13593	Totalt:	7231	Totalt:	3850	Totalt:	1426	Totalt:	57	Totalt:	209	Totalt:	714	Totalt:	106
Procent av total yta	100,0%		53,2%		28,3%		10,5%		0,4%		1,5%		5,3%		0,8%

Bilaga 3.

Uträkningar dagvatten - nuvarande förutsättningar.

Rationella metoden formel:

$$Q_{dim} = A \cdot \phi \cdot i(t_r)$$

där

Q_{dim} är det dimensionerande flödet [l/s]

A är avrinningsområdets area [ha]

ϕ är avrinningskoefficienten [-]

i är den dimensionerade nederbördsintensiteten [l/s*ha]

$$\text{Uträkning: } = 1,3593 \cdot 0,77 \cdot 228 = 238$$

Dahlströms formel:

$$i(t_r) = 190 \cdot \sqrt[3]{T} \cdot \frac{\ln(t_r)}{t_r^{0,98}} + 2$$

där

$i(t_r)$ är den dimensionerade nederbördsintensiteten (l/s,ha)

t_r är regnvarighet i minuter

T är återkomsttid i månader

$$\text{Uträkning: } i(t_r) = 190 * \sqrt[3]{120} * \frac{\ln(10)}{10^{0,98}} + 2 = 228 \text{ l/s,ha}$$

Dimensionering dagvattenflöde, Q_r				Värden i gula fält. Resultatet visas i rosa fält.	
Återkomsttid	Instängd område inom citybebyggelse	10	år		
Regnets varaktighet om annan än normalt (10 minuter):		10	minuter	Regnintensitet	$i = 228$ l/s x ha
Beräkning av regnintensiteten: Svenskt Vatten P104, bilaga 1.2					
OBS! Lokala riktlinjer kan medföra att ett annat värde på regnintensiteten (i) ska användas än den i P104. Ersätt formel eller värde med lokalt gällande.				First flush, ska Q_r reduceras?	☐ Ja ☒ Nej
Om ja, ange till vilken del Q_r ska reduceras.				5	E.x. 3 => 1/3
Härvidsverket föreslår att 1/3 av Q_r blir dimensionerande vid first flush.					
Avrinningskoefficienter - ytor					
Typ av yta		Avrinningskoeff.	Aktuell yta		
			kvm		
Tak		0,90	7 231	13 593	Totalyta (kvm)
Under tak (enl. SNV 1975:10)		0,50		0,77	Avrinningskoeff. (ϕ)
Betong- och asfaltyta, berg i dagen med stark lutning		0,80	1 426	$Q_r = 238,4$	l/s
Stensatt yta med grusfogar		0,70	3 850		
Grusväg, starkt lutande bergigt parkområde utan nämnvärd vegetation		0,40		Ange värde för	
Berg i dagen i inte alltför stark lutning		0,30		Q_r direkt	l/s
Grusplan och grusad gång, obebyggd kvartersmark		0,20	57	Finns det ett värde i fältet ovan, används det för beräkningen.	
Park med rik vegetation samt kuperad bergig skogsmark		0,10	1 029	OBS! Q_r direkt ska inte vara reducerat för	
Odlad mark, gräsyta, ängsmark etc		0,10		flush" det görs i rutan som är avsedd för detta.	
Flack, tätbevuxen skogsmark		0,10			

Uträkningar dagvatten med grå gröna systemlösningar: **Grönt tak**

$$q_{\text{dim}} = A \cdot \varphi \cdot i(t r)$$

qdim är det dimensionerande flödet [l/s]

A är avrinningsområdets area [ha]

ϕ är avrinningskoefficienten [-]

i är den dimensionerade nederbördsintensiteten [l/s*ha]

Uträkning: $= 1,3593 \cdot 0,53 \cdot 228 = 164,2$

29

Bilaga 5 .

Uträkningar dagvatten med grå gröna systemlösningar: **Genomsläpplig asfalt**

Rationella metoden formel:

$$Q_{dim} = A \cdot \varphi \cdot i \cdot t_r$$

där

Q_{dim} är det dimensionerande flödet [l/s]

A är avrinningsområdets area [ha]

φ är avrinningskoefficienten [-]

i är den dimensionerade nederbördsintensiteten [l/s*ha]

$$\text{Uträkning: } = 1,3593 \cdot 0,73 \cdot 228 = 226,2$$

Dimensionering dagvattenflöde, Q				Ange värden i gula fält. Resultatet visas i rosa fält.			
Återkomsttid	Instängt område inom citybebyggelse	10	år				
Regnets varaktighet om annan än normalt (10 minuter):		10	minuter	Regnintensitet i	=	228	l/s x ha
Beräkning av regnintensiteten: Svenskt Vatten P104, bilaga 1.2							
<i>OBS! Lokala riktlinjer kan medföra att ett annat värde på regnintensiteten (i) ska användas än den i P104. Ersätt formel eller värde med lokalt gällande.</i>				First flush, ska Q_r reduceras? ☐ Ja ☒ Nej			
				Om ja, ange till vilken del Q_r ska reduceras. 5 E.x. 3 => 1/3			
				Naturvårdsverket föreslår att 1/3 av Q_r blir dimensionerande vid first flush.			
Avrinningskoefficienter - ytor							
Typ av yta				Avrinningskoeff.	Aktuell yta		
					kvm		
Tak				0,90	7 231	13 593	Totalyta (kvm)
Under tak (enl. SNV 1975:10)				0,50		0,73	Avrinningskoeff. (φ)
Genomsläpplig asfalt				0,40	1 426	Q_r = 226,2	l/s
Stensatt yta med grusfogar				0,70	3 850		
Grusväg, starkt lutande bergigt parkområde utan nämnvärd vegetation				0,40		Ange värde för	
Berg i dagen i inte alltför stark lutning				0,30		Q_r direkt	l/s
Grusplan och grusad gång, obebyggd kvartersmark				0,20	57	Finns det ett värde i fältet ovan, används det för beräkningen.	
Park med rik vegetation samt kuperad bergig skogsmark				0,10	1 029	OBS! Q_r direkt ska inte vara reducerat för	
Odlad mark, gräsyta, ängsmark etc				0,10		"first flush" det görs i rutan som är avsedd för detta.	
Fläck, tätbevuxen skogsmark				0,10			
					9887,5337		

Bilaga 6.

Uträkningar dagvatten med grå gröna systemlösningar: **Systemlösning**

Rationella metoden formel:

$$Q_{dim} = A \cdot \varphi \cdot i \cdot t_r$$

där

Q_{dim} är det dimensionerande flödet [l/s]

A är avrinningsområdets area [ha]

φ är avrinningskoefficienten [-]

i är den dimensionerade nederbördsintensiteten [l/s*ha]

$$\text{Uträkning: } = 1,3593 \cdot 0,49 \cdot 228 = 151,8$$

Dimensionering dagvattenflöde, Q				Ange värden i gula fält. Resultatet visas i rosa fält.	
Återkomsttid	Instängt område inom citybebyggelse	10	år		
Regnets varaktighet om annan än normalt (10 minuter):	10	minuter	Regnintensitet $i =$	228	l/s x ha
Beräkning av regnintensiteten: Svenskt Vatten P104, bilaga 1.2					
OBS! Lokala riktlinjer kan medföra att ett annat värde på regnintensiteten (i) ska användas än den i P104. Ersätt formel eller värde med lokalt gällande.				First flush, ska Q_r reduceras? ☐ Ja ☒ Nej	
Om ja, ange till vilken del Q_r ska reduceras.				5	E.x. 3 => 1/3
Naturvårdsverket föreslår att 1/3 av Q_r blir dimensionerande vid first flush.					
Avrinningskoefficienter - ytor					
Typ av yta			Avrinningskoeff.	Aktuell yta	
				kvm	
Grönt tak			0,45	7 231	13 593 Totalyta (kvm)
Under tak (enl. SNV 1975:10)			0,50		0,49 Avrinningskoeff. ($\varphi =$)
Gemomsläpplig asfalt			0,40	1 426	$Q_r =$ 151,8 l/s
Stensatt yta med grusfogar			0,70	3 850	
Grusväg, starkt lutande bergigt parkområde utan nämnvärd vegetation			0,40		Ange värde för
Berg i dagen i inte alltför stark lutning			0,30		Q_r direkt
Grusplan och grusad gång, obebyggd kvartersmark			0,20	57	Finns det ett värde i fältet ovan,
Park med rik vegetation samt kuperad bergig skogsmark			0,10	1 029	används det för beräkningen.
Odlad mark, gräsyta, ängsmark etc			0,10		OBS! Q_r direkt ska inte vara reducerat för
Flack, tätbevuxen skogsmark			0,10		"first flush" det görs i rutan som är avsedd för detta.
				6633,5837	

Bilaga 7.

Uträkningar dagvatten med grå gröna systemlösningar: **Fördröjningsmagasin nuvarande förutsättningar.**

Beräknat utan klimatt faktorer och med Z-värde för Ängelholm 22 enligt publikation p90 med en uppskattad rinntid till 2 minuter (svenskt vatten, 2004)

$$V = 0,06 \cdot \left[i_{regn} \cdot t_{regn} - K \cdot t_{regn} - K \cdot t_{rinn} + \frac{K^2 \cdot t_{rinn}}{i_{regn}} \right]$$

där

V= specifik magasinvolym [m^3/ha_{red}]

i_{regn} = regnintensiteten för aktuell varaktighet [l/s ha]

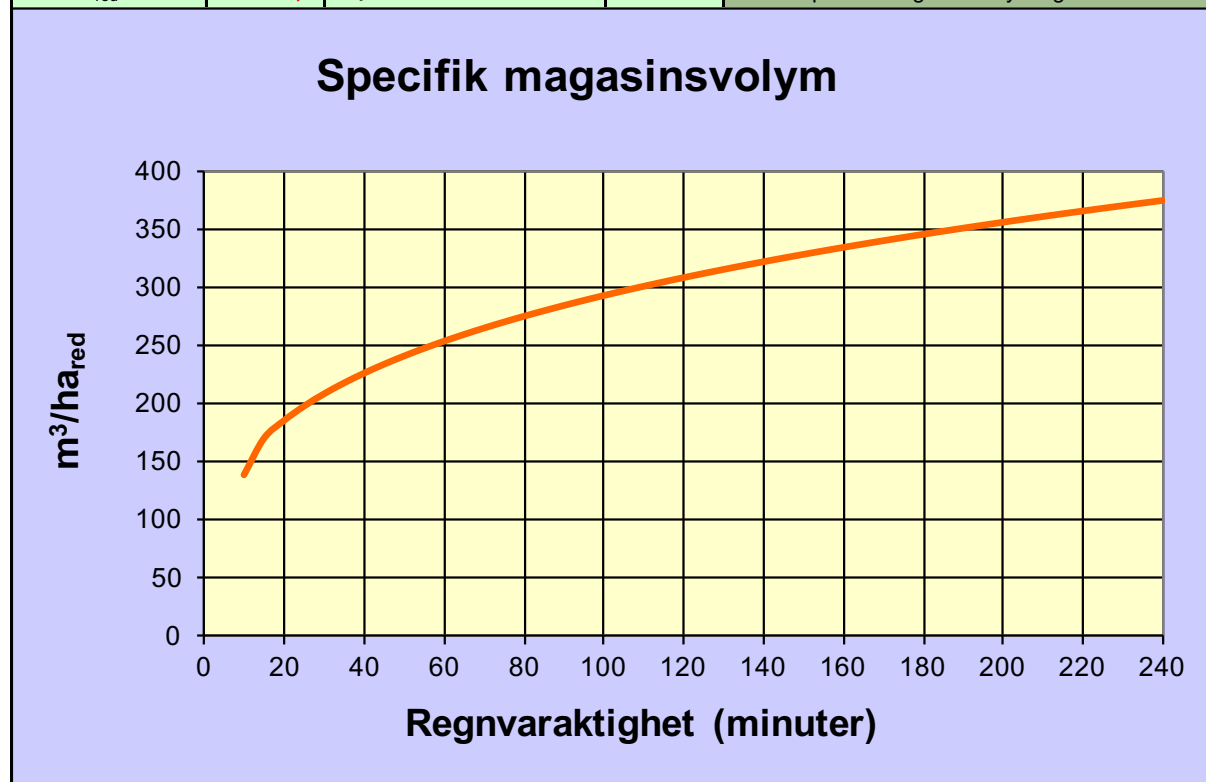
t_{regn} = regnvaraktighet [min]

t_{rinn} = rinntid [min]

K= specifik avtappning från magasinet [l/s ha_{red}]

Uträkning: =

Avtappning l/s ha_{red}	Rinntid minuter	Z-värde	Återkomsttid månader	d areal, ha	Magasinsberäkning mht rinntid Inmatning av data i gula fält. Läs av specifik magasinvolym i gröna fältet
0	2	22	120	1,0458	
Specifik volym m^3 / ha_{red}	307,7	Erforderlig magasin- volym, m^3		322	



Bilaga 8.

Uträkningar dagvatten med grå gröna systemlösningar: **Fördröjningsmagasin Grå gröna systemlösningar.**

Beräknat utan klimatfaktorer och med Z-värde för Ängelholm 22 enligt publikation p90 med en uppskattad rinntid till 2 minuter (svenskt vatten, 2004)

$$V = 0,06 \cdot \left[i_{regn} \cdot t_{regn} - K \cdot t_{regn} - K \cdot t_{rinn} + \frac{K^2 \cdot t_{rinn}}{i_{regn}} \right]$$

där

V = specifik magasinvolym [m^3/ha_{red}]

i_{regn} = regnintensiteten för aktuell varaktighet [$l/s \text{ ha}$]

t_{regn} = regnvaraktighet [min]

t_{rinn} = rinntid [min]

K = specifik avtappning från magasinet [$l/s \text{ ha}_{red}$]

Uträkning:

Avtappning $l/s \text{ ha}_{red}$	Rinntid minuter	Z-värde	Återkomsttid månader	d areal, ha	Magasinsberäkning mht rinntid
0	2	22	120	0,6663	
					Inmatning av data i gula fält.
Specifik volym m^3 / ha_{red}	307,7	Erforderlig magasin- volym, m^3		205	Läs av specifik magasinvolym i gröna fältet

Specifik magasinvolym

