



Fördröjning och rening i urbana dagvattenlösningar

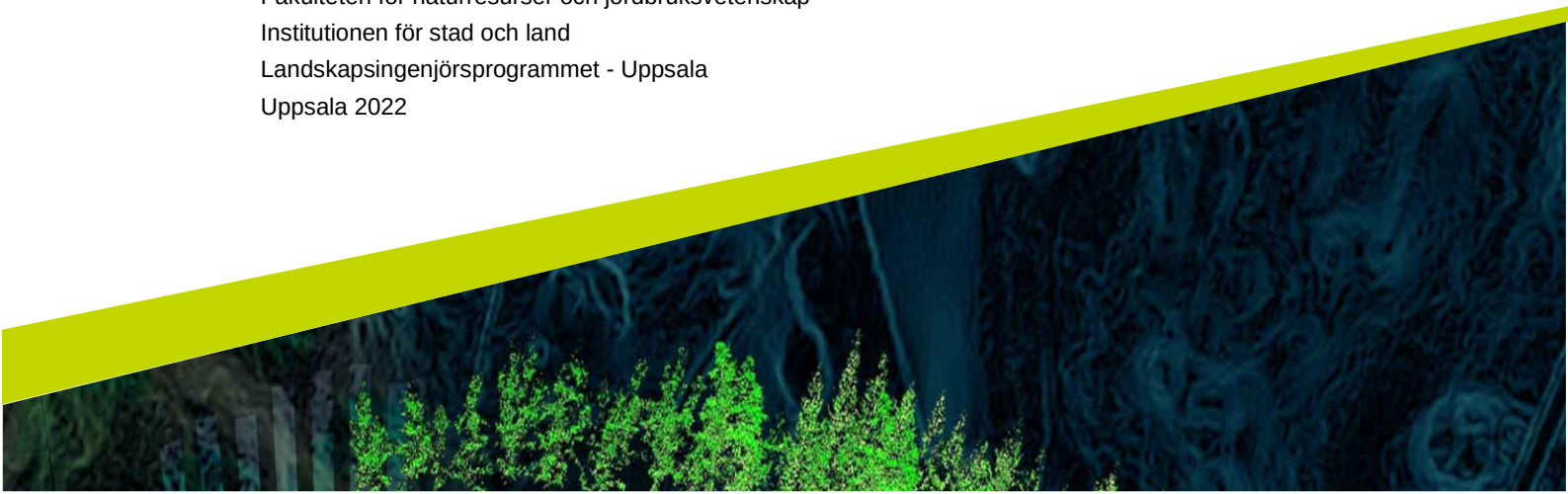
- undersökning av krossmagasin med kolmakadamfyllning i Rosendal Etapp1 samt Gamla Uppsalagatan 21:20

Delay and purification in urban stormwater solutions

- examination of infiltration trench systems with biochar and stonechips filling in Rosendal Stage 1 and Gamla Uppsalagatan 21:20

Marlene Nilsson

Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för stad och land
Landskapsingenjörsprogrammet - Uppsala
Uppsala 2022



Fördröjning och rening i urbana dagvattenlösningar

- undersökningar av krossmagasin med kolmakadamfyllning i Rosendal Etapp 1 samt Gamla Uppsalagatan 21:20

Delay and purification in urban stormwater solutions

- examination of infiltration trench systems with biochar and stonechips filling in Rosendal Stage 1 and Gamla Uppsalagatan 21:20

Marlene Nilsson

Handledare: Petter Åkerblom, SLU, Institutionen för stad och land
Bitr. handledare: Björn Embrén, SLU, Institutionen för stad och land
Examinator: Daniel Bergquist, SLU, institution för stad och land

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E
Kurstitel: Självständigt arbete i landskapsarkitektur
Kurskod: EX1004
Program/utbildning: Landskapsingenjörsprogrammet - Uppsala
Kursansvarig inst.: Institutionen för stad och land

Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2022
Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
Samtliga figurer tillhör författaren, om inget annat anges.

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

Nyckelord: biokol, dagvatten, metall adsorption, hållbara dagvattenhantering, reningsförmåga, first flush, svackdike, makadamdike, avsättningsmagasin

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap

Institutionen för stad och land

Avdelning för landskapsarkitektur

Sammanfattning

Klimatanpassning av urbana miljöer är en stor utmaning som samhället står inför. Att ta hand om dagvattenavrinning när regnen blir intensivare och flödestopparna större gör att de underdimensionerade ledningsnätet inte räcker till för dessa flöden. Ju mer städer och tätorter förtätas desto mer hårdgjord yta anläggs och det försvårar vattnets möjlighet till infiltration i markprofilen, vilket ökar risken för översvämningar. Detta leder till sämre påfyllnad av grundvattenlagren och att större flöden av vatten leds direkt ut i recipienter, orenat, då det inte finns kapacitet i ledningsnätet att ta hand om allt vatten. Dessa volymer av förorenat dagvatten kan skada ekosystemtjänster i våra vattendrag. Statusen i vattendragen försämras vilket inte enbart strider mot de europeiska vattendirektiven utan är ett stort hot mot vår miljö. Vi måste värna om det vi än så länge kan kalla vår resurs – vårt vatten.

Vi måste skapa hållbara dagvattenlösningar där vi långsiktigt anlägger för en god kapacitet i stadsmiljö där hög vattenkvalité efterfrågas. Syftet med detta arbete är att undersöka vilka föroreningar som biokol kan antas fastlägga när det används i krossmagasin. Kan det fastställas att det sker kan det därigenom bidra med bättre kvalitet på det vatten som rinner ut i recipienten och perkolerar genom markprofilen för att fylla på grundvattnet. Kolmakadam, biokol och makadam, kan användas i förstärkningslager under hårdgjorda ytor. Det kan även användas i underjordiska dagvattenmagasin och ger därmed ett maximalt nyttjande av hårdgjorda ytor.

Genom litteraturgenomgång och intervju med representanter inom dagvattenhantering har jag fått ta del av forskning och ämnesspecifik information. Jag har använt två platser i Uppsala där dagvattenutredningar och detaljplaner studerats för att ge exempel på hur kolmakadam skulle gynna de platserna när det gäller rening av dagvatten.

Resultatet visar på att det inte går att säkerställa verkningsgraden av adsorption av föroreningar med biokol i urban miljö. Testerna för att ta reda på hur mycket föroreningar som renas ur dagvattnet är sällan gjorda på enbart biokol. De visar även att resultatet ofta är beroende av hur biokolet tillverkats och av vilket material. Svensk forskning inom området är svår att hitta och mer forskning måste utföras.

Nyckelord: biokol, dagvatten, metall adsorption, hållbar dagvattenhantering, reningsförmåga, first flush, svackdike, makadamdike, avsättningsmagasin, stenkista

Abstract

Climate adaptation of urban environments is a major challenge facing society. Taking care of stormwater runoff where the rains become more intensive, and the flow stops larger means that the undersized pipe network cannot cope with these flows. The more cities and urban areas are densified, the more paved surface is constructed, and this makes it more difficult for the water to infiltrate the soil profile, which increases the risk of flooding. This leads to poorer filling of the groundwater reservoirs and those larger flows of water are discharged into recipients untreated as there is no capacity in the pipe network to take care of all water. These volumes of polluted stormwater can damage ecosystem services in our waterways. The status of watercourses is deteriorating, which is contrary to the European water directives and is a major threat to our environment. We must safeguard what we can still call our resource - our water.

We must create sustainable stormwater solutions where we build long-term for a good capacity in an urban environment where high water quality is in demand. This work aims to investigate which contaminants that biochar can be assumed to sequester when used in infiltration trench systems. If it can be determined that this is the case, it can thereby contribute to a better quality of the water that flows into the recipient and percolates through the ground profile to fill the groundwater. Biochar and stone chips can be used in reinforcement layers under hardened surfaces. It can also be used in underground stormwater reservoirs and thus provides maximum use of hardened surfaces.

Through a literature review and interviews with representatives in stormwater management, I have been able to take part in research and subject-specific information. I have used two places in Uppsala where stormwater investigations and detailed plans have been studied to give examples of how stone chips would benefit those places when it comes to the purification of stormwater.

The results show that it is not possible to ensure the efficiency of the adsorption of pollutants for biochar in urban environments. The tests to find out how much pollutants are purified from stormwater are rarely done on biochar alone. They also show that the result often depends on how the biochar is produced and on what material. Swedish research in the field is difficult to find and more research must be carried out.

Keywords: biochar, stormwater, metal adsorption, water sustainability, pollutant removal, first flush, infiltration trench, underground stormwater storage, gravel drain, stone chips

Förord

Detta examensarbete avslutar mina studier inom landskapsingenjörsprogrammet på Sveriges lantbruksuniversitet i Uppsala och motsvarar 15 högskolepoäng. Under hela utbildningen har mitt huvudintresse varit stadsplanering med klimatanpassning där intresset för att förvalta resursen vatten har stuckit ut. Jag är nyfiken på och intresserad av hur idag tillgängliga metoder och tekniker kan användas, eller utvecklas, för att skapa en grön och blå miljö i våra städer och tätorter. Där vi tar omhand vattnet och i möjligaste mån låter det få ingå i sitt eget naturliga kretslopp. Finns det delar av den urbana miljön vi kan använda för exempelvis magasinering och rening av vatten i stället för att belasta VA-nätet innan det släpps ut i recipienten? Finns det material idag som vi kan använda på ett annat sätt för att nyttja det ur fler aspekter? Biokol är ett populärt substrat och jag undrar om det kan användas på fler sätt än det oftast förekommer idag i urbana dagvattenlösningar? Detta är jag intresserad av och har valt att studera som ämnen i detta arbete.

Jag vill tacka Ramboll VA-teknik i Uppsala för deras genomgång om vilka utmaningar som rör VA-hanteringen som samhället står inför och vilka områden som behöver belysas och erbjudas nya lösningar.

Jag skulle även vilja tacka alla er som jag har varit i kontakt med och som har hjälpt mig med mycket värdefull information, en knuff i rätt riktning inom ett brett tema och inspirerat mig till att fördjupa mitt intresse ännu mer.

Framför allt vill jag rikta ett stort tack till mina handledare Petter Åkerblom och Björn Embrén på SLU för deras guidning och stöttning samt att de hjälpt mig vidare när det tagit lite stopp.

Uppsala mars 2022

Marlene Nilsson

Innehållsförteckning

Figurförteckning.....	10
1. Introduktion	12
1.1 Inledning	12
1.2 Vatten.....	13
1.3 Vattendirektivet	14
1.4 Vattenprogram för Uppsala kommun.....	15
1.5 Hållbar dagvattenhantering.....	16
1.5.1 Rening av vatten på naturens villkor	18
1.5.2 Rening av vatten i anläggningar med krossmaterial	18
1.6 Syfte och frågeställning	19
1.7 Avgränsningar.....	20
2. Metod.....	21
2.1 Litteraturgenomgång.....	21
2.2 Observationsstudie	22
2.2.1 Rosendal Etapp 1.....	23
2.2.2 Gamla Uppsalagatan 21:20.....	25
3. Resultat	27
3.1 Litteraturgenomgång.....	27
3.2 Biokol	27
3.3 Föroreningar i dagvatten.....	28
3.3.1 Föroreningar och biokol.....	30
3.3.2 Vägsalt och biokol	30
3.4 Makadam	31
3.5 Kolmakadam	31
3.6 Olika dagvattenanläggningar med krossmaterial	32
3.6.1 Makadamdike	32
3.6.2 Svackdike med stenfyllning	33
3.6.3 Avsättningsmagasin / Perkolationsmagasin.....	34
3.7 Sammanfattning.....	36
3.8 Observationsstudien	37
3.8.1 Rosendal Etapp 1.....	37
3.8.2 Gamla Uppsalagatan 21:20.....	38

4. Diskussion	41
4.1 Krossmagasinens funktion.....	41
4.2 Vilka värden finns i biokol och dagvattenhantering	43
4.3 Utveckling av metod och nya studier	44
Referenser.....	45
Bilaga 1.....	51
Bilaga 2.....	52
Bilaga 3.....	53

Figurförteckning

Figur 1. Karta över platser i observationsstudie. Den norra röda cirkeln visar läge för Gamla Uppsalagatan 21:20. Den södra röda cirkeln visar läge för Rosendal Etapp 1. Illustration av Marlene Nilsson. © Lantmäteriet.	22
Figur 2. Områdesbild över Rosendal Etapp 1. Den transparenta blå ytan är den yta som hänvisas till vid beskrivning av kolmakadamfyllda förstärkningslager under gata. Illustration: Marlene Nilsson © Lantmäteriet.....	23
Figur 3. Områdesbild över Gamla Uppsalagatan 21:20. Den transparenta blå ytan visar var krossmagasin i form av svack- och makadamdiken planeras för att omhänderta dagvatten. Längst i söder anläggs en parkeringsyta med underjordiskt magasin för dagvattenfördröjning. Illustration: Marlene Nilsson © Lantmäteriet	25
Figur 4. Exempel på vanligt förekommande föroreningar i dagvatten från några av de största källorna. (Viklander et al. 2019:15).	29
Figur 5. Utformning av makadamdike. Källa: VA-guiden	32
Figur 6. Utformning av svackdike. Källa: VA-guiden.....	33
Figur 7. Utformning av avsättningsmagasin med tät botten. Källa: VA-guiden.....	34
Figur 8. Utformning av perkolationsmagasin med öppen botten. Källa: VA-guiden	35
Figur 9. Svackdiken på Gamla Uppsalagatans uppbyggnad. Illustration: Marlene Nilsson	39

1. Introduktion

Kapitlet introduktion börjar med en allmän inledningen innan information ges för att ge kunskap om resursen vatten och vidare hur medlemsländerna i EU och Uppsala kommun arbetar med sina vattendirektiv och planer. Detta för att visa på betydelsen av ett globalt samarbete för att uppnå och bibehålla tillgången till rent vatten. Jag kommer även beskriva vad hållbar dagvattenhantering innebär och hur naturens rening kontra hur krossmagasinets rening av dagvatten går till.

1.1 Inledning

Ledningsnätet som finns i städer som Uppsala byggdes på 50, 60 och 70-talet (Berggren 1991:5; Stahre 2004:9). Kravställningen på nätet ökar i och med stadsexploatering och det ställs idag högre krav även på hur dagvattenhanteringen tas om hand. Större flöden som uppstår hastigt måste tas omhand då klimatförändringarna leder till extremväder med intensivare nederbörd samt stor risk för översvämningar. De befintliga ledningsnäten är underdimensionerade och klarar inte kapacitetsmässigt den nyexploatering av tätortsnära områden som sker och ej heller stadens pågående förtätning utan behöver byggas ut (Uppsala Kommun 2015:17). Med mer hårdgjord yta kan inte vattnet infiltrera i markytan och den stora ytavrinning måste hanteras där ett sätt idag är i ledningssystem. Utbyggnad och byte av underdimensionerade rör kommer kosta samhället stora summor (Svensk Vatten 2022) och det är lämpligt att hitta nya lösningar som kompletterar de tekniska.

Lösningar som gagnar hela samhället är olika typer av dagvattenanläggningar. Dessa anläggningar tar vara på dagvattnet på ett sätt som efterliknar naturens sätt att ta hand om vattnet (Stahre 2004:9). Stahre beskriver att detta medför att det till stor del blir ett efterliknande av vattnets kretslopp även i områden med största del hårdgjorda ytor och ökad ytavrinning. Dessutom ger det även ett estetiskt bidrag till stadsbilden då de i många fall består av ytor med växtlighet eller är arkitektoniska anläggningar vid exempelvis multifunktionella ytor. Stahre fortsätter att beskriva att dessa ytor inte enbart kan fördröja stora mängder vatten utan även tjänstgör som torg eller samlingsplatser. Att använda dessa anläggningar ger en avlastning till

VA-nätet då stor del av avrinningen tas omhand i jord- eller stenlager i stället för att det leds direkt till ledningsnätet.

En regnbädd med växtlighet är både estetiskt tilltalande i den urbana miljön och fyller även funktionen att rena, fördröja och magasinera vatten (Jergmo 2015). En annan urban lösning är olika former av svack- eller makadamdiken där dagvattnet samlas upp, infiltrerar genom jorden och renas på föroreningar innan det når recipienten eller grundvattnet (Stockholm vatten och avfall u.å.c). Ytterligare en lösning är där makadam blandas med biokol för att ingå i förstärkningslagret under gator och vägar där dagvattnet kan filtrera och renas innan det leds vidare beroende på områdets vattenskyddsnivå (Thynell et al. 2020:11).

Biokol som renar i anläggningar som krossmagasin i form av kolmakadam och inte bara i regnbäddar tillsammans med jordsubstrat är värt att undersöka. Även om det estetiska inte är framträdande då kolen renar i ett perkolationsmagasin, ett underjordiskt magasin, så erhålls ekosystemtjänster genom att vattnet renas innan det rinner ut i recipienten. Rent vatten är något som vi måste värna om och det involverar alla globalt.

1.2 Vatten

Vatten är livsviktigt för allt levande och sötvattenresurserna måste skyddas för att ge tillgång till vatten för alla och bidra till att en hållbar utveckling säkerställs (Förenta Nationerna 2021). Förenta nationerna understryker också att världen måste med hjälp av tekniska idéer och innovationer se till att säkra en vattenanvändning som är både effektiv och återbrukbar, samt där vi agerar på ett sätt så att vi kan mildra klimatförändringarna. SMHI (2021) informerar på sin hemsida att 97 procent av jordens totala vatten finns i haven och är saltvatten. De 3 procent utöver detta finns i vattendrag, sjöar, markvatten, grundvatten, isar och glaciärer samt i biosfären och atmosfären. Det är alltså en liten del sötvatten av den totala volymen som vi kan använda som dricksvatten. Sydvatten (2021) menar att den största delen av sötvattnet dock är bundet i glaciärer och att det bara finns 1 procent tillgängligt för människan. Det finns fler som förklarar tillgången av sötvatten på samma sätt med liknande procentsatser (Svenskt Vatten 2021; Melin 2012), men oavsett procentsats så finns det all anledning att värna om resursen vatten och bevara den i sitt kretslopp.

I vattnets naturliga kretslopp, som även förklarar det hydrologiska kretsloppet så cirkulerar vattnet mellan hav, atmosfär och landområden (SMHI 2021). Det är solens energi som genom värmealstring får vattenånga att avdunsta från landområden och stiga upp i atmosfären där den avkyls och bildar vattendroppar, kondenserar och slutligen bildar moln (SMHI 2021). När vattendropparna blivit

mättade faller nederbörd och när den träffar marken och infiltrerar i den sker det i olika hastigheter, beroende av markens infiltrationskapacitet, där som exempel sand har större infiltration än lera (SMHI 2021; Grip & Rodhe 2016:54). I de fall kapaciteten för infiltration överskrids så kommer vattnet samlas på ytan och bilda ytavrinning (Grip & Rodhe 2016:54). När vattnet har möjligheten att kunna fortsätta ner genom markprofilen kallas det flödet för perkolation. Detta flöde fyller efter tid på grundvattenmagasinen och även recipienterna, alltså våra sjöar och vattendrag (Grip & Rodhe 2016:60). Nu kommer vattnet återigen ha möjlighet att avdunsta upp i atmosfären och cirkeln med vattnets kretslopp är sluten (SMHI 2021).

Med förändrade klimatförhållande som ger torrare och varmare klimat kan vi förvänta oss mer extrema väderförhållanden där nederbörden blir intensivare och återkomsttiden ökar (IPCC 2021:83–84). När städer förtätas och exploateras skapas större mängd hårdgjorda ytor och det avrinnande vattnet, kallat dagvatten, tvingas till ytavrinning eftersom den naturliga infiltrationen har minskat (Stahre 2004:9). Detta leder till att avrinningen kommer att ske mycket snabbare och det kommer bildas stora flödestoppar, vilka dels kan skapa översvämningar (Sveriges miljömål 2021) i den urbana stadsbilden och dels bidra till överbelastning av ledningssystemen (Stahre 2004:9–10). För att möta detta måste samhällen gemensamt komma upp med nya lösningar för att klara av att hantera dessa mängder vatten i urbana miljöer (Naturvårdsverket u.å.).

1.3 Vattendirektivet

Medlemsländerna i EU enades den 23:e oktober 2000 om att upprätta ett ramdirektiv: vattendirektivet 2000/60/EG, vilket redogör för hur länderna ska ha en likartad förvaltning av sina respektive vatten och dessa omfattar sjöar, vattendrag, kustvatten och grundvatten (Europaparlamentet 2000). Syftet med direktiven är att säkra kommande generationers tillgång till bra vatten och att ta hand om det som rinner idag genom medlemsländerna. Vatten räknas som en gemensam resurs och Europaparlamentet (2000) menar att det rör samtliga globalt då vatten följer naturens gränser och inte administrativa gränser som är satta av människan. Detta direktiv ligger till grund för hur vattenmyndigheterna agerar i Sverige för att samordna arbetet med att förbättra vattenstatusen i samtliga vatten inom landet (Vattenmyndigheterna 2022b).

Vattendirektivet anger att alla vatten ska uppnå god ekologisk och god kemisk status. Direktivet gäller i cykler under sex år (första cykeln avslutades 2009, andra cykeln 2015, tredje cykeln 2021, nu liggande sista cykeln 2027) (Länsstyrelsen u.å.) och senast 2027 ska alla vatten uppnått god eller hög status, alltså påverkan från

människan ska vara så liten som möjligt (Wall 2015; Liveland 2019). Vidare skriver vattenmyndigheterna i *Vatten vårt gemensamma ansvar* (2012:8) att Sverige är indelat i fem olika vattendistrikt och att Uppsala tillhör Norra Östersjöns vattendistrikt (Vattenmyndigheterna 2022a). Det är av största vikt att det vatten som leds ut i recipienter i område Norra Östersjöns vattendistrikt håller den kvalitet som anges för god eller hög status (Länsstyrelsen u.å.). Länsstyrelsen poängterar att denna status ska uppnås för att säkerställa människans hälsa och vattentillgång samt se till att våra vatten har naturliga ekosystem och hög biodiversitet.

Att vatten innehar god ekologisk status innebär allmänt att det uppvisar inga eller små spår av störningar som framkallats av människan (Europaparlamentet 2000:38). Vidare beskriver Europaparlamentet (2000:39–51) att statusen bestäms av tillståndet och förekomst av bottenfauna, fytoplankton, makrofyter, fiskfauna, evertebrater (rygggradslösa djur), växtplankton och kiselalger.

För att den kemiska statusen ska betraktas som god krävs det att värden för syrebalans, pH, temperatur, siktdjup, salthalt och dess surhetsneutraliserande förmåga ligger inom det fastställda intervallet i vattendirektivet som gäller för respektive ytvattenförekomst, det vill säga en sjö, ett magasin, en å eller flod (Europaparlamentet 2000:33–59).

Det är viktigt att olika kommuner kontinuerligt arbetar med vattendirektiven för att säkerställa att de upprätthålls och att inte åtgärder vid stadsbyggnationer innebär en försämring av status i recipienterna. Enligt vattendirektivet bilaga VIII (Europaparlamentet 2000:68) så tas många av de föroreningar som återfinns i urban miljö upp som huvudsakliga förorenande ämnen av ytvattenförekomster och ställer än större krav på rening av dagvatten så dessa inte leds ut i recipienter.

1.4 Vattenprogram för Uppsala kommun

Inom Uppsala kommun har ett gediget vattenprogram upprättats som grundas på ramdirektivet där målet är att uppnå god ekologisk och kemisk status till 2021 eller senast till 2027 (Uppsala Kommun 2021b). Uppsala kommun menar att syftet med vattenprogrammet genomgående är att utveckla arbetet med att skapa hållbara framtidslösningar för vatten i kretslopp. Vidare beskriver kommunen att de även ska säkra tillgången på rent grundvatten och arbeta stärkande för att bevara och förvalta de naturliga ekosystemen i sjöar och vattendrag. Uppsala Vatten är kommunens kompetensresurs och ska planera, utveckla och tillämpa principer som leder till en hållbar dagvattenhantering på lång sikt (Uppsala Vatten 2020:20).

I Uppsala avleds det dagvatten som inte kan omhändertas lokalt på kvartersmark eller på allmän platsmark direkt till recipienten, vilket kan vara en källa till

miljöpåverkan med föroreningar som ansamlats (Andrén et al. 2014: 4, 6). Genom Uppsala stad rinner Fyrisån och dess avrinningsområde är ca 2000 km² stort och inom området finns 11 sjöar och 35 vattendrag (Granath et al. 2019:7). Statusen i Fyrisåns vatten har måttlig ekologisk status på gränsen till god och när det gäller den kemiska statusen så uppnår inte heller den god status (Granath et al. 2019:8). Det är av största vikt att så rent vatten som möjligt släpps ut i recipienten. Dagvattnet bidrar både till övergödning och tillförsel av tungmetaller inom Fyrisåns avrinningsområde (Uppsala Kommun 2016:22). Fyrisån har tagit emot kväve och fosfor från omkringliggande jordbruksmark vilket sammanslaget med utsläpp från enskilda avlopp har bidragit till övergödning. *Handbok för dagvattenhantering i Uppsala kommun* (2016:22) fortsätter att beskriva att det i stadens centrala delar tillförs Fyrisån dagvatten som till största delen är orenat och att Fyrisån är känslig mot ökad tillförsel av fosfor, suspenderat material och miljögifter.

Ett av Uppsalas mål i vattenprogrammet är att främja fiskarten asp och andra rödlistade och skyddsvärda arter som tjockskalig målarmussla och i och med det även uppfylla kravet på levande sjöar och vattendrag (Sveriges miljömål 2021).

För att säkerställa att de åtgärder som behöver tas för att uppnå god status i yt- och grundvattenförekomster så har Uppsala kommun upprättat en handlingsplan som underlag för den årliga rapporteringen till vattenmyndigheterna (Uppsala Kommun 2021a). I denna går att läsa att utökat provtagningsprogram för recipientkontroll ska göras, handlingsplan för dagvatten och skyfallsplan ska finnas samt strategier för uppföljning av olika typer av dagvattenanläggningar.

1.5 Hållbar dagvattenhantering

Själva grunden för hållbar dagvattenhantering läggs när kommunen påbörjar sin fysiska planering i planprocessen. Kommunen har då möjligheten att i ett mycket tidigt skede lyfta de frågor som rör utformning, kapacitet och funktion (Stahre 2004:67-68). De konventionella avledningssystemen planeras och baseras enligt ingenjörsmässiga övervägande där önskad avrinningsstandard ska uppnås till anläggningens lägsta totalkostnad och ansvaret för genomförandet ligger på kommunernas VA-förvaltningar (Stahre 2004:12). Traditionellt har dagvatten från hårdgjorda ytor avletts med slutna ledningsrör, men dessa konstruktioner har visat sig ha många negativa effekter (Berggren 1991:1–3). Berggren nämner som exempel att den minskade infiltrationen i marken ger lägre grundvattennivåer, ledningarna har dimensionerats för att klara stora flödestoppar men står oftast tomma i stället och risken för översvämning ökar. Berggren hävdar att beroende av vilken typ av ledningssystem som används så skadar det antingen recipienten eller processer i reningsverken. Den långsiktiga dagvattenhanteringen, som började

introduceras från 1990-talet, lutar sig istället mot en integrerad hantering där vikt läggs på att uppfylla tre olika områden: kapacitet, vattenkvalitet och stadsmiljö för att de ska samspela och att staden därigenom ska kunna nyttja de positiva värden som anläggningarna tillför (Stahre 2004:12).

I dagens stadsplanering strävar exploateringen inom de hårdgjorda ytorna till att hantera dagvattnet så nära källan som möjligt för att efterlikna naturens sätt att hantera nederbörd (Stahre 2004:19–22; Svenskt Vatten 2016:30; Berggren 1991:7–8; Uppsala Kommun 2016). Inom Uppsala stads innerstad ställs som exempel krav på gestaltning och höga vistelsevärden när planering påbörjas för nya hållbara dagvattenanläggningar. I tätorterna däremot ställs det krav som eftersträvar en mer öppen dagvattenhantering vilken bör efterlikna områdesbilden och naturmarken (Uppsala Kommun 2016:13). Detta medför olika val av anläggningar med olika för- och nackdelar. Dessa anläggningar har dock alla gemensamt att deras uppgift är att ta hand om dagvattnet så nära källan som möjligt samtidigt som de bidrar med att skapa ett attraktivt stadslandskap. Vattnet som renats i anläggningarna leds till recipienten och skapar förutsättningar för att uppnå och bibehålla god status i vattenförekomsterna i Uppsala (Uppsala Kommun 2016:16).

Vatten har den benägenheten att det inte kan försvinna utan vattenbalansen måste alltid uppnås (Grip & Rodhe 2016:11–13). Rodhe förklarar att denna balans innebär att vatten inom avrinningsområdet måste lagras eller lämna området via evaporation, vilket innebär avdunstning, eller genom avrinning som är mycket vanligt i urban miljö. Vattenbalansen kan sägas ligga till grund för hur dagvattenanläggningar utformas.

De anläggningar som utformas kan delas in enligt följande: fördröjning nära källan, trög avledning och samlad fördröjning (Svenskt Vatten 2011:57-86). I samma publikation går att läsa att dagvattnet bör ses som en positiv resurs i stadsmiljön samt att de därmed bidrar till en bättre närmiljö. Inom dessa begrepp ryms svackdiken och makadamfyllda diken där dagvattnet kan fördröjas och trögt infiltrera ned genom jord- eller krossmaterialprofilen, samt där det även finns möjlighet att magasinering sker då svackdikeskanterna bör vara svagt sluttande och bilda stor volym (Blecken u.å.:75; Stahre 2004:50). Även ytor som är helt hårdgjorda kan möjliggöra för anläggningar som ryms inom ovan nämnda utformningsaspekter. Under vägar, parkeringsytor och gator kan underjordiska fördröjningsmagasin anläggas. Dessa kan konstrueras med antingen öppen botten, perkolationsmagasin eller tät botten, avsättningsmagasin beroende på områdets känslighet för föroreningar (Svenskt Vatten 2011:81-82).

Vid utformning av dagvattenanläggningar är ett av målen att de ska efterlikna naturens sätt att rena vattnet och att utformningen integreras och styrs av

funktionella samt estetiska principer (Svenskt Vatten 2011:57). Svenskt Vatten påpekar även att det råder specifika krav på rening av föroreningsinnehåll i områden som är vattenskyddsområde för dricksvattentäkt. Denna rening måste ske innan det infiltreras eller vid direktutsläpp till ytvattenrecipient.

1.5.1 Rening av vatten på naturens villkor

I Sverige har vi gynnsamma förutsättningar för att ha god tillgång till bra grundvatten där rullstensåsar, vilka består av sand- och grusinlagringar, effektivt renar vatten genom filtrering och till sist fyller på grundvattnet även om själva reningsprocessen tar väldigt lång tid (SGU 2020). Genom Uppsala löper Uppsalaåsen och själva staden och ett antal tätorter i kommunen får sin vattenförsörjning från åsenfiltrerat vatten (Uppsala Vatten u.å.). Oftast är detta grundvatten tillräckligt rent så det kan drickas utan behandling, men minsta förorening ger följder och därför har vattenskyddsområden upprättats (SGU 2020).

När nederbörd når markytan infiltrerar vattnet ifall ytan är omättad och i den naturliga marken infiltrerar i stort sett all nederbörd (Berggren 1991:16). Berggren beskriver att detta sker då jordarna i det 30 centimeter tjocka översta jordlagret ofta har en porositet på mellan 50 – 80 procent och består av jord eller sand. Detta markvatten som inte tas upp av växtrötter perkolerar vidare genom markprofilen och renas av jordens sammansättning, mineraler och berggrund innan det rinner ut i en recipient eller blir till grundvatten (SGU 2020).

1.5.2 Rening av vatten i anläggningar med krossmaterial

I ett svackdike eller makadamdike sker rening av dagvattnet främst genom sedimentation. Dessa diken har en svag längslutning som leder till att vattnet rör sig med låg flödeshastighet och tillåter partiklar att sjunka och fastläggas mot marken innan vattnet infiltrerar i markprofilen (Blecken u.å.:75–76). Blecken poängterar att reningseffekten av metaller varierar och inte kan säkerställas då forskningsresultat har givit olika procentsatser. Någon form av rening anges dock i samtliga test.

Även i underjordiska fördröjningsmagasin som kallas avsättningsmagasin eller perkolationsmagasin uppstår reningseffekten främst genom sedimentation (Svenskt vatten och avlopp u.å.). Perkolationsmagasinen har otät botten vilket betyder att vattnet kan perkolera genom underliggande jordprofil innan det når grundvattenytan (VA-guiden u.å.c). I dessa magasin skulle adsorption kunna vara ett extra reningsalternativ om magasinerna fylls med kolmakadam.

Vid adsorption så kommer ett ämne som är löst i vätska fastna på ytan av ett fast material. Vid användande av biokol i dagvattenanläggningar så innebär det att ämnen som är lösta i vatten via adsorption fastnar på biokolet som har en stor yta med anledning av sin porositet (Ahmad et al. 2014).

Absorption innebär att ett material upptar ett annat material. Detta kan jämföras med att ett ämne sugas upp av ett annat (Nationalencyklopedin AB u.å.).

Även helt hårdgjorda ytor kan idag anpassas och utformas så att de kan omhänderta dagvatten som fördröjs och magasineras där krossmaterialet blandas med biokol för att uppnå god rening (Thynell et al. 2020:11). Ett exempel som tas upp i *Levande gaturum – en handbok i Blågröngrå system* (2020) är att använda förstärkningslagret under markbeläggning, så som gång-, cykel- och körbanor, och fylla det med biokol för att med naturliga ingredienser ytterligare öka reningsförmågan genom att integrera det med en annan dagvattenanläggning.

1.6 Syfte och frågeställning

Det som förmedlats i de föregående kapitlen leder fram till vad jag vill undersöka i detta arbete. Syftet med detta arbete var att undersöka om kolet i kolmakadam har extra funktion att adsorbera olika föroreningar och därmed ge ett vatten med bättre status som rinner till recipienten. Går det att påvisa att det är på det sättet så är avsikten att beskriva på vilket sätt som biokolinblandning har bidragit till att binda föroreningar i dagvatten i stadsmiljö.

Jag har via tillgänglig litteratur undersökt ifall det är någon skillnad i hur föroreningar i dagvatten binds i olika material som krossmagasin kan vara fyllda med. I detta arbete undersöktes om krossmagasin likt de som anlagts vid Rosendal Etapp 1 och planeras vid Gamla Uppsalagatan 21:20 i Uppsala kan sägas bidra till en hållbar dagvattenhantering genom att uppfylla kraven enligt vattendirektivet. Dessa krossmagasin byggs upp utifrån principen att fördröja, rena och magasinera vatten.

Fokus kommer att ligga på dessa frågeställningar:

- Hur hanterar krossmagasinen i Rosendal Etapp 1 samt Gamla Uppsalagatan 21:20 rening och fördröjning av dagvatten och kan biokol förväntas bidra till ökad rening?
- Vilka föroreningar kan biokolet binda vid användning av kolmakadam i krossmagasin och kan det därigenom bidra med ett renare vatten som rinner av till recipienten?
- Vilka olika värden sett ur biologiska, ekologiska, ekonomiska, estetiska, miljömässiga och tekniska perspektiv har biokol möjlighet att påverka?

1.7 Avgränsningar

Detta arbete avgränsas till att genom en litteraturgenomgång göra jämförelsen mellan biokolsinblandning i olika typer av krossmagasin för att utröna hur bindning av föroreningar fungerar. De urbana dagvattenlösningar som kommer studeras är olika former av perkolations- och avsättningsmagasin samt svackdiken. De geografiska platserna som besöktes för att få en övergripande bild av krossmagasin i den urbana miljön ligger i Uppsala. Vidare avgränsas området till Fyrisåns avrinningsområde då det tar emot dagvattnet initialt från Uppsala stad. Uppsala tillhör Norra Östersjöns vattendistrikt och i arbetet avgränsas direktiv som ska uppnås enligt Vattenmyndigheten till detta distrikt.

2. Metod

2.1 Litteraturgenomgång

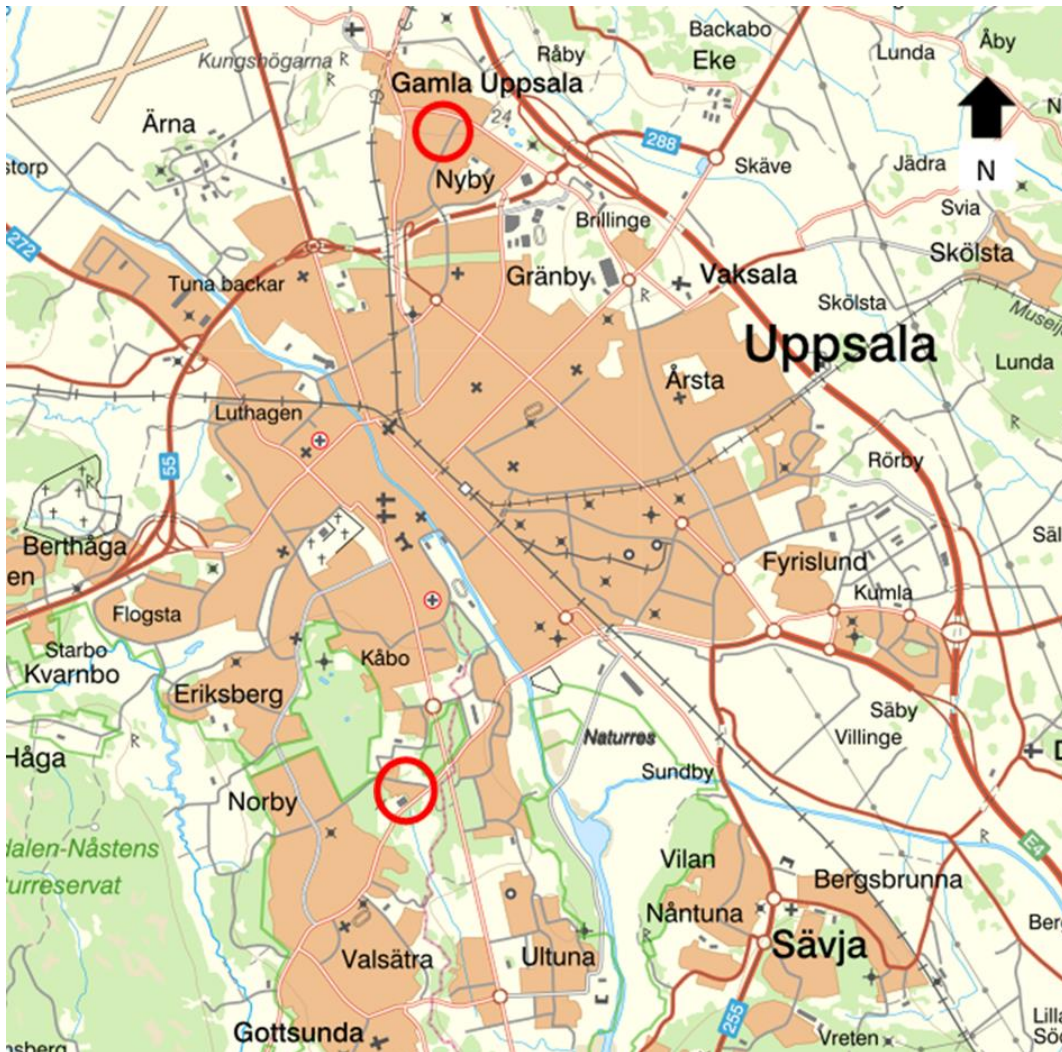
Metoderna som användes i denna uppsats inleddes med en litteraturgenomgång för att söka upp information till ämnet för att kunna besvara de frågeställningar som ställdes i rubrik 1.6 i denna uppsats. Tillvägagångssättet var genom att söka upp och läsa artiklar, publikationer, rapporter och böcker. Andra sätt som information har söks genom har varit slagningar i SLU bibliotekets databaser och sökmotor Primo. De nyckelord som använts har varit: *biochar, stormwater, metal adsorption, water sustainability, pollutant removal, infiltration trench, underground stormwater storage, urban pollution, gravel drain, stone chips*. Litteraturens språk har begränsats till att gälla enbart svenska och engelska.

Ett Teams-möte genomfördes med en representant från Uppsala kommun, tillika landskapsarkitekt och projektledare, för att konfirmera giltigheten i de dokument jag själv sökt upp som rör område Rosendal etapp 1.

Mail-kontakt har även tagits med sakkunniga inom SLU, Luleå tekniska universitet, företaget *edges* i Malmö, biokol leverantörer, Uppsala Vatten och Stockholms Trafikkontor för att hitta ytterligare material och litteratur inom detta ämne. Ställda frågor har varierat beroende på kontakt.

2.2 Observationsstudie

Två platser i Uppsala (se figur 1) besöktes för att genom en observationsstudie undersöka om byggda eller planerade dagvattenanläggningar kommer att kunna besvara de frågeställningar som ställdes i 1.6 i denna uppsats. Platserna beskrivs genom uppgifter från planeringsarbeten med dagvattenutredningar och detaljplaner.



Figur 1. Karta över platser i observationsstudie. Den norra röda cirkeln visar läge för Gamla Uppsalagatan 21:20. Den södra röda cirkeln visar läge för Rosendal Etapp 1. Illustration av Marlene Nilsson. © Lantmäteriet.

Platsbesöken på två platser i Uppsala genomfördes för att få en övergripande bild av dagvattenanläggningar i urban miljö. Syftet var att ta reda på vilka fördelar för vattnets rening som kolinblandning i krossmagasin har. Den ena platsen är redan bebyggd och för den andra platsen har detaljplanen vunnit laga kraft den 2020-09-

02. På den sistnämnda platsen har inte nybyggnation påbörjats mer än att vatten- och avloppsledningsarbetet har utförts. Dessa platser beskrivs i detta kapitel och kommer även refereras till under rubriken resultat.

Under arbetet med platsbesök har en dokumentstudie gällande detaljplaner (Uppsala Kommun 2010), dagvattenutredningar (Bergvin 2010; Struktor 2017; Lindh 2016) och tillgängliga ritningar gjorts. I texten 2.2.1 och 2.2.2 ligger dessa till grund som referensmaterial. I de fall ritningar återges i denna uppsats används typritningar eller illustrationer gjorda av författaren. Dessa sektionsritningar avses på ett enkelt sätt illustrera vad som undersöktes. Typritningar används med anledning av de juridiska bestämmelser som råder vid utlämnande av ritningar och att de slutliga ritningarna till dessa områden i och med det inte blivit tillgängliga.

2.2.1 Rosendal Etapp 1

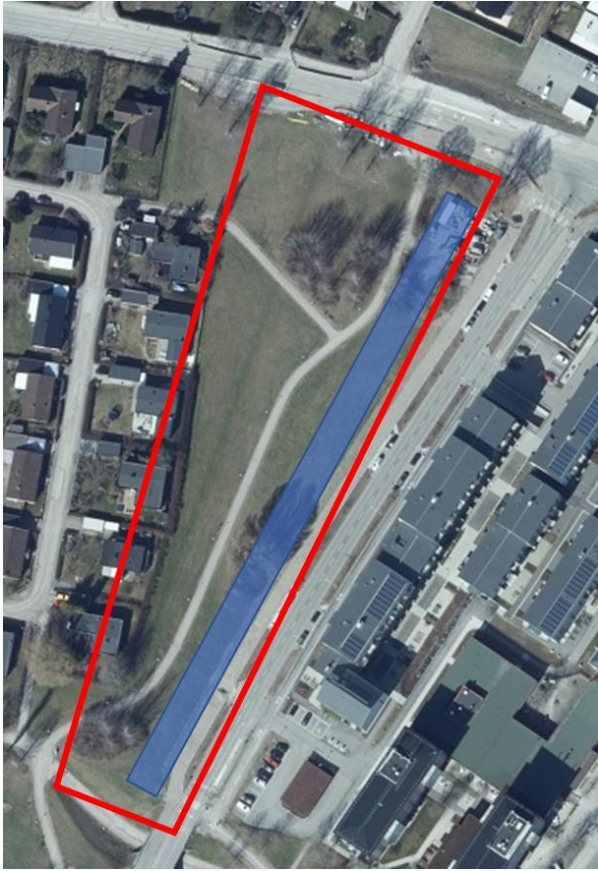


Figur 2. Områdesbild över Rosendal Etapp 1. Den transparenta blå ytan är den yta som hänvisas till vid beskrivning av kolmakadamfyllda förstärkningslager under gata. Illustration: Marlene Nilsson © Lantmäteriet

Den ena platsen i Uppsala som besökts är ett nybyggnationsområde i sydvästra Uppsala som heter Rosendal Etapp 1 (*se figur 2*). Hela exploateringen kommer att innefatta fem olika etapper och i detta arbete studerades etapp 1 för att ge en bild av hur skillnad vid fyllningsmaterial i krossmagasin kan ha bidragit till mindre förorenat vatten som avletts till recipienten.

Själva etapp 1 har en yta på knappt 8,6 hektar (uträkning genom kartsökmotor eniro.se) och ligger i ett flackt område. Området består till mycket stor del av hårdgjorda ytor och under gator, torg och parkeringsytor finns förstärkningslager fyllda med makadam för att fördröja och magasinera dagvatten. Längs med gator och på torgytor finns skelettjordar med trädplanteringar. Vid vissa avsnitt på gator finns regnbäddar anlagda. I figur 2 syns antalet hus och i den södra delen av området syns även en träningsanläggning beklätt med ett växande grönt tak. Området anses ha en normal trafikbelastning och det är förväntat att föroreningshalten i dagvattnet kommer vara normal för urbanmiljö och att det innehåller de vanligaste förekommande metallerna.

2.2.2 Gamla Uppsalagatan 21:20



Figur 3. Områdesbild över Gamla Uppsalagatan 21:20. Den transparenta blå ytan visar var krossmagasin i form av svack- och makadamdiken planeras för att omhänderta dagvatten. Längst i söder anläggs en parkeringsyta med underjordiskt magasin för dagvattenfördröjning. Illustration: Marlene Nilsson © Lantmäteriet

Den andra platsen som studerades var Gamla Uppsalagatan 21:20 (se figur 3) vilket är ett område där detaljplanen vunnit laga kraft 2020-09-02, men där byggnation inte har påbörjats ännu. Område för detaljplanering gällande Gamla Uppsalagatan 21:20 ligger i direkt anslutning till korsning mellan Gamla Uppsalagatan och Iduns väg. I detta område tillåts dagvatten perkolera genom terrassen och fylla på grundvattenmagasinen samt avrinna till recipienten Fyrisån.

Ytan för exploateringen är knappt 1,6 hektar (uträkning genom kartsökmotor eniro.se) och sluttar svagt i sydlig riktning med en höjdskillnad på knappt tre meter mellan nordliga delen och sydliga delen. Bostäder kommer byggas längs med de korsande genomfartsgatorna och längst ner i söder anläggs en parkeringsyta med en ungefärlig area på 900 kvadratmeter med ett underliggande perkolationsmagasin. Perkolationsmagasinet kommer ha öppen botten vilket innebär att magasinerat vatten kommer kunna tömmas på ungefär tolv timmar. I

anslutning till parkeringsytan kommer regnbäddar att uppföras för att ytterligare fördröja dagvatten.

3. Resultat

I detta kapitel redovisas först utslag av litteraturgenomgången. Sedan redogörs för en sammanställning av hur rening och fördröjning utförs eller planeras att utföras beroende av dagvattenanläggningstyp i Rosendal Etapp 1 och Gamla Uppsalagatan 21:20.

3.1 Litteraturgenomgång

Urval i litteraturgenomgången är baserat på ämnen som stödjer förståelsen för observationsstudien.

3.2 Biokol

Biokol framställs genom en process som kallas pyrolys, vilket innebär att organiskt material, den så kallade biomassan, förbränns i temperaturer upp till ca 700°C i en miljö som hålls syrefri (Lehmann & Joseph 2009). Denna process liknar den som används för träkol och exempelvis grillkol, men biokol framställs av helt andra skäl menar Lehman & Joseph (2009). Lehman & Joseph fortsätter att beskriva att användningsområden bland många andra är för biokol som jordförbättrare, koldioxidsänka och att det effektivt magasineras samt filtrerar perkolerande vatten i jordprofilen.

När det gäller biokol och biokolanläggningar så har en standard satts vilken producenter måste uppfylla för att få tillstånd att certifiera sitt biokol enligt EBC, European Biochar Certificate (EBC 2022). Kraven har ställts för att stärka konsumenternas position gentemot tillverkare så att den produkt som levereras håller hög kvalitativ nivå, produceras med lämpliga metoder och material samt att det är en hållbar produkt. Både Stockholm stad (Stockholm stad 2017:11) och Uppsala kommun (Thynell et al. 2020:55) använder EBC certifierat biokol i sina anläggningar.

Vid jordförbättring är det främst genom att biokolen har en mycket porös struktur som gör att marken reagerar positivt då det innebär en förbättrad dränering och att

växtrötter har en bättre möjlighet för tillväxt och näringsupptagningsförmåga samt att den vattenhållande förmågan ökas med kolen (Crosky et al. 2009:13). Syftet med att använda biokol i växtbäddar enligt Stockholm stad är för att skapa hållbara bäddar som har en lång livslängd där hållbarheten ligger mycket i att biokolet kan produceras lokalt (Stockholm stad 2017:11). Sedan 2020 är biokol godkänt som jordförbättringsmedel i certifierad EU-ekologisk produktion (Jordbruksverket 2020).

Inom klimatförändringsarbeten kan biokol användas då den har potential att betraktas som en kolsänka då själva råmaterialen som biokolen framställs ur ger kolbindningspotential (Paulsson 2021:27). I samma rapport *Rest till bäst* menar författaren att den kolbindande förmågan även påverkas av hur stabilt det är i marken, men att analyser av biokol ger att kolet i sig är mycket stabilt och kommer finnas kvar efter åtminstone 100 år. Detta resonemang stöds även av Lehmann (2009:183–205) som menar att denna stabilitet avgör hur länge biokolet kan påverka både vattenkvalitet och själva jorden på ett positivt sätt. Stabiliteten och att det är svårnedbrytbart kommer av den höga kolhalten och andelen av aromatiska kolkedjor (Lehmann & Joseph 2009:183–205).

I Stockholm har biokol ensamt eller blandad med makadam, vilket bildar krossmaterialet kolmakadam, använts i skelettjordar och växtbäddar med mycket gott resultat ur växtsynpunkt då det bidragit med jordförbättring (Stockholm stad 2017:11). Stockholm stad hävdar att biokolen behåller sin struktur över tid och även kan ge växtmaterialet liknande egenskaper som exempelvis kompost. Detta medför att hållbara växtbäddar skapas med hög vatten- och näringshållande förmåga.

Biokol kan ha stor potential att adsorbera giftiga föroreningar så som tungmetaller och bör användas till att rena förorenat dagvatten så nära källan som möjligt (Andrén et al. 2014:10). Stockholm stad (2017:8-9) använder ogödslad biokol som läggs som ett täckande lager på terrassytan som ett filter för att rena dagvatten.

3.3 Föroreningar i dagvatten

Det dagvatten som avrinner i urban miljö och rinner på trafikerade ytor kan innehålla signifikanta halter av olika metaller från bromsbelägg, bildäck, avgaser och vägbeläggningar (Berggren 1991:59). Dagvatten som är förorenat ska helst renas så nära källan som det är möjligt (Andrén et al. 2014:10). Andrén understryker även att det ska ske före utsläpp till recipient eller infiltration till grundvattnet samt innan vatten når till Uppsala kommuns dagvattensstamnät.

De vanligaste metallerna som förekommer som föroreningar i urban miljö är koppar (Cu), zink (Zn), bly (Pb), krom (Cr) och kadmium (Cd) (Se figur 4). Dessa har gemensamt att de koncentrerat kan ha toxiska effekter på djur och vattenlevande organismer samt även på människor (Makepeace et al. 1995:93–139 se Viklander 2019:26). Dessa metaller kan hos organismer, som under tid utsatts även för enbart låga koncentrationer, lagras och ansamlas i organismens vävnad, vilket leder till skadliga fysiologiska effekter (Mohan et al. 2014). När dessa tungmetaller transporteras med dagvatten till en recipient utan rening så försämrar det både vattenkvaliteten och det vattenlevande djurlivet. Det är av största vikt att rena dagvattnet för att bidra till god och hög status i vattendragen (Vattenmyndigheterna 2012).

Källa	Specifik källa	Föroreningar
Trafik	Avgaser	PAH:er, bensen, alkylfenoler, kväve
	Motorer	Cr, Ni, Cu
	Bromsbelägg	Cu, Sb, Zn, Pb, Cd
	Bildäck	Zn, Pb, Cr, Cu, PAH:er, alkylfenoler, partiklar, ftalater
	Vägbeläggning	Partiklar, PAH:er, flertalet metaller
	Halkbekämpning	Partiklar (sand, grus), NaCl
	Bilvårdsprodukter	Ftalater, alkylfenoler, fluorerade ämnen, fosfor
	Tunneltvätt	PAH:er, metaller (Zn, Cu, Pb, Cr), partiklar

Figur 4. Exempel på vanligt förekommande föroreningar i dagvatten från några av de största källorna. (Viklander et al. 2019:15).

EMC, Event Mean Concentration är en parameter som används för att avgöra vilken kvalitet som dagvattnet har, det vill säga hur mycket föroreningar det finns per volym dagvatten (Perera et al. 2021). Den allra tidigaste avrinningen kallas First flush och det är också den som har högst innehåll av föroreningar (Viklander et al. 2019:33). Viklander et al. beskriver att det innebär ett större tryck på dagvattenanläggningen och att det under projekteringsstadiet kan ligga till grund för val av anläggningens typ och dimension. Ytterligare uppgifter som Viklander et al. belyser är att dessa föroreningar transporteras mestadels i partikelform från parkeringsplatser, vägar och andra hårdgjorda ytor.

3.3.1 Föroreningar och biokol

Biokol anses vara ett lönsamt alternativ för att bidra till god rening av tungmetaller i dagvatten (Kumar & Bhattacharya 2021). Tang et al (2013) lyfter fram att det som avgör verkningsgraden av biokolets egenskaper att rena vatten från föroreningar styrs av beredningstemperatur och vilket material som biokolet tillverkats av. Detta synsätt har även Mohan et al. (2014) lyft och illustrerat i tabellform efter insamlande av flera forskningsresultat. I denna tabell framgår det att furubaserad biokol har ett högre adsorptionsvärde av föroreningen bly, Pb än då tillverkning skett med tall. Tabeller uppger även att det beror av om pyrolysen skett med trämassan eller barken. Biokolens verkningsgrad verkar således styras av många olika faktorer och det går inte att säkerställa att det är just biokolen som står som enskild reningsaktör (Søberg et al. 2019). Søberg et al. hävdar att det inte kan uteslutas att växtlighet eller filtermaterial i anläggningar är det som renar och inte biokolen.

Nacka kommun har utfört en utvärdering av regnbäddar på Värmdövägen där biokol har ingått i den ena bädden (Egelberg & Wold 2020). Dessvärre uppger rapporten själv att det inte går att dra någon slutsats vilket substrat som varit effektivast vid rening då de inte jämförts med samma ingångsvärden i analysen. Nacka kommun ser gärna att denna typ av analys sker under mer kontrollerade former.

Det som anses göra att biokol har en god förmåga att rena vatten är dess kemiska och fysiska egenskaper. Biokol har en stor ytarea, hög porstorleksfördelning och även hög jonbyteskapacitet och dessa delar sammantaget bidrar till en effektiv föroreningshantering enligt Ahmad et al. (2014).

3.3.2 Vägsalt och biokol

Stor del av året används vägsalt på våra vägar och dessa koncentrationer har viss påverkan på de urbana dagvattenlösningar som används i de hårdgjorda miljöerna (Ke et al. 2019). Ke et al. hävdar att salt kan skada inte bara levande växter utan även skapa korrosion på ämnen som betong och andra byggnadsmaterial. Vid halkbekämpning kan en stor koncentration av vägsalt rinna in i brunnar till förstärkningslager eller växtbäddar och påverka dessa (Vägverket 2018). Vägverket beskriver vidare vilken miljöpåverkan det har på dricksvatten, växtlighet, jordstrukturer och även ytvattensförekomsternas cirkulation. Vägverket uppger att de arbetar aktivt med skadehjälpande åtgärder. I de fall en vattentäkt har skadats utan möjlighet till återställande så har en ny vattentäkt anlagts. Kloridjonen i salt rör sig

lätt i mark och grundvatten och det är skälet till att vattentäkter har förhöjda salthalter i närheten av saltade vägar (EcoConcept 2021).

Salt, natriumklorid, har använts som konserveringsmedel under lång tid under människans levnadstid och bidrar till att döda mikroorganismer (Livsmedelsverket 2022). Detta gäller även för de organismer som finns i markprofilen och där biokolen har använts som reningsmedium. De mindre koncentrationerna kan växtlighet i urban miljö klara av, men inte stora koncentrationer (BrYkova 2020).

3.4 Makadam

Makadam består av krossad sten och har många olika användningsområden som förstärkningslager, bärlager, fyllning i krossmagasin, dränering eller som slitlager och dekorationslager på parkeringsytor och gångbanor (Svevia u.å.). De finaste materialen har frånskilts och produkten benämns efter vilka storlekar som krosset innehåller och de vanligaste är 2/4, 4/8, 8/16, 16/32 och 32/64 millimeter (Svevia u.å.).

Stockholm stad (2017:8) uppger att deras skelettjord, som består av makadam i skärv i fraktionen 90/150 millimeter, har genomgått bärighetstestning utförd av Statens väg- och transportforskningsinstitut, VTI, som visade god bärighet och därmed får användas under hårdgjorda ytor för gator och parkeringsytor.

3.5 Kolmakadam

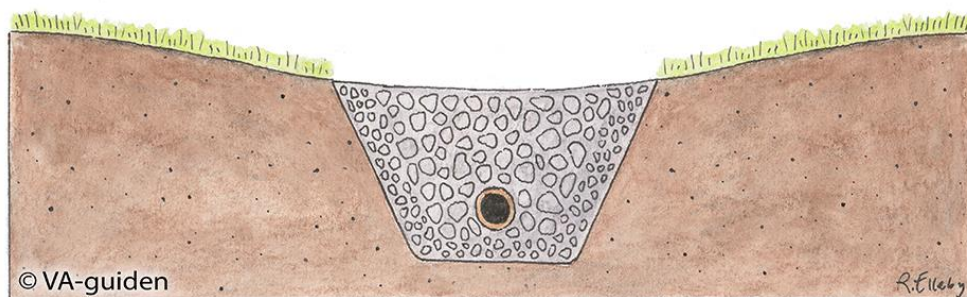
När biokol sammanblandas med makadam kallas materialet kolmakadam, ett krossmaterial som har stor porositet och även ger träd och växter bättre växtförhållanden. Kolmakadam ger genom porositeten bra plats för rötter med genomsläpplighet för både gasutbyte och vatten (Stockholm stad 2017:54–55; Thynell et al. 2020:11).

Hasselfors Garden har utfört kompakteringstest på laboratorium (*se bilaga 1, 2 och 3*) av deras tre olika kolmakadam som är namngivna Citykross och testet visar att deras produkter inte kompakterades. Detta betyder att de kan vara ett lämpligt fyllnadsmaterial för krossmagasin under parkeringsytor och gator. Dock måste det säkerställas att alla regler är uppfyllda vad det gäller bärighet innan materialet används till detta (Didriksson & Murén 2017; Trafikverket 2011a; b)

3.6 Olika dagvattenanläggningar med krossmaterial

Under denna rubrik beskrivs olika anläggningstypers uppbyggnad och funktion som dagvattenanläggning. Innehållet är olika typer av krossmaterial, antingen enbart makadam, eller makadam blandad med biokol, vilken då kallas kolmakadam. Det finns ingen definition på hur stor andel biokol som måste tillföras för att det ska få kallas kolmakadam utan enligt de tillverkare jag undersökt beror det på kunden vilken blandning som de efterfrågar.

3.6.1 Makadamdike



Figur 5. Utformning av makadamdike. Källa: VA-guiden

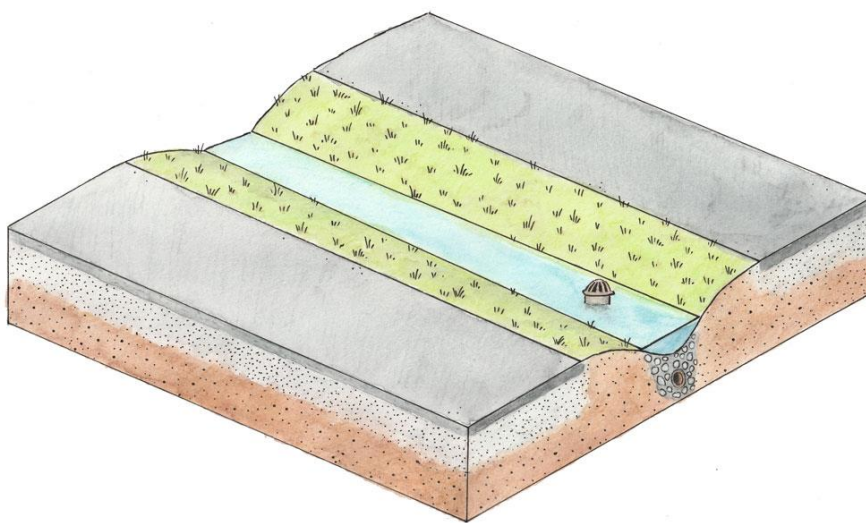
Denna form av dike fördröjer och avleder dagvatten i första hand (se figur 5), men har en viss effekt på rening av dagvatten och anläggs antingen med eller utan dräneringsrör som ansluter till dagvattennätet (Stockholm vatten och avfall u.å.b). Om omkringliggande område tillåter anläggs diket med öppen botten och då kan dagvattnet infiltrera ner genom jordprofilen och perkolera vidare och fylla på grundvattnet men om det föreligger risk för att föroreningar från exempelvis omkringliggande gator och parkeringsplatser påverkar grundvattnet bör botten tätas (Stockholm vatten och avfall u.å.b). Materialet i diket består av makadam utan nollfraktion och läggs med fördel vid gator och vägar där dagvatten behöver avledas.

Fördröjningsvolymen dimensioneras efter nederbördsvolymen som ligger till grund vid projektering men det bör beaktas att anläggningsdjupet bör vara minst 0,5 meter (VA-guiden u.å.b). VA-guiden skriver vidare på sin hemsida att reningseffekten är hög i makadamdiket med avskiljning av större partiklar (> 1 millimeter) med bundna föroreningar som uppgår till mellan 50 till 90 procent och för de lösta ämnena avskiljs mellan 10 till 20 procent, men tillägger att siffrorna bör betraktas som riktvärden och inte som mätresultat då alldeles för få studier har utförts. Stockholm vatten och avfall (u.å.b) understryker vad det gäller reningskapaciteten

att den ökar i de fall det finns högre andel mindre fraktioner i krossblandningen, men det ska tilläggas att det påverkar i sin tur att fördröjningsvolymen och infiltrationskapaciteten minskar.

Makadamdiket kräver regelbunden skötsel (Stockholm vatten och avfall u.å.b; VA-guiden u.å.b).

3.6.2 Svackdike med stenfyllning



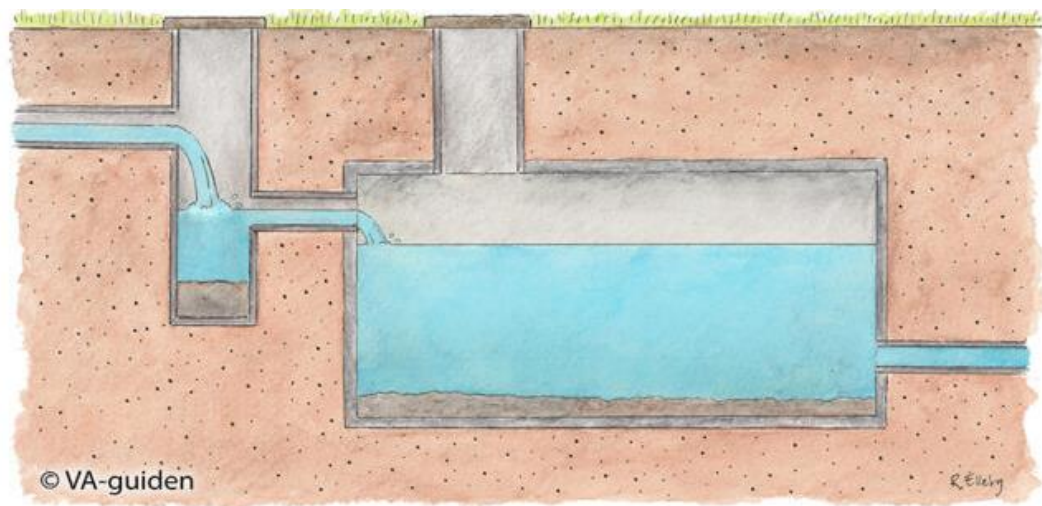
Figur 6. Utformning av svackdike. Källa: VA-guiden

Svackdiken är ett enkelt system och har i regel väldigt god magasineringsförmåga, men skulle ännu bättre magasinering efterfrågas kan diket fyllas helt med krossmaterial, att tänka på är dock givetvis att krossmaterialet inte får läggas på ett djup som hamnar under grundvattenytan (Stahre 2004:50). Svackdikets funktion är att fördröja, avleda och infiltrera dagvatten och genom att de har flacka dikeskanter bidrar de till att skapa mindre risk för stående vatten då de ofta ligger i närheten av gator och parkeringsplatser i hårdgjorda miljöer (VA-guiden u.å.d). Oftast växer gräs i diket, men ytan kan även utformas med annat material ifall eventuellt ett specifikt estetiskt uttryck efterfrågas (se figur 6). Det maximala flödet i diket kan räknas ut med Mannings formel $Q=M*A*R^{(2/3)}*\sqrt{S_0}$ och flödes hastigheten bör ej vara högre än 1 m/s för att minska erosionsrisken (Svenskt Vatten 2016:77; Stockholm vatten och avfall u.å.)

VA-guiden (u.å.d) menar att reningseffekten av dagvatten uppgår till mellan 20 till 25 procent av metaller där främst större partiklar avskiljs, men när det gäller mindre partiklar och lösta ämnen så är reningskapaciteten låg. Stockholm vatten och avlopp (u.å.c) delar i det närmaste denna uppfattning men lägger även till att utländska studier (ej namngivna, *författarens kommentar*) har funnit att det är bra avskiljning av suspenderat material och partikelbundna metaller samt den partikelbundna fosfor.

Svackdiken kräver regelbunden skötsel med gräsklippning, sedimentrensning och renhållning (Stockholm vatten och avfall u.å.c; VA-guiden u.å.d).

3.6.3 Avsättningsmagasin / Perkolationsmagasin



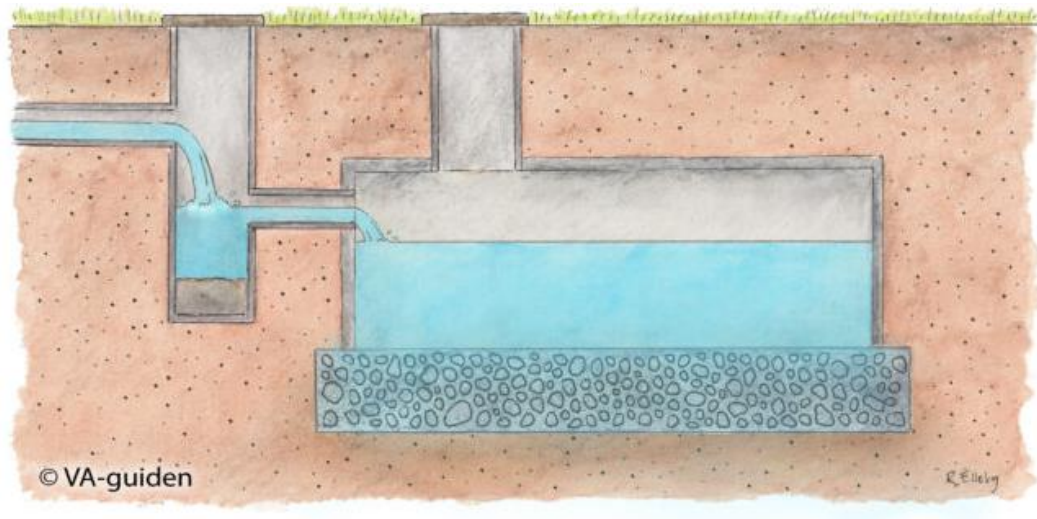
Figur 7. Utformning av avsättningsmagasin med tät botten. Källa: VA-guiden

Avsättningsmagasinet används för att fördröja och rena dagvattnet samt är anlagt under mark med en botten som är tät (se figur 7), vilket innebär att dagvattnet inte kan bidra till naturlig dagvattenbildning som säkerligen efterfrågas där grundvattnet ska skyddas (Stockholm vatten och avfall u.å.a). Magasinet kan fyllas med makadam eller lämnas ihåligt och anläggs vid vägar, parkeringsytor och bostadsgårdar. Det kräver liten yta ovan mark med ett minsta anläggningsdjup på en till två meter (VA-guiden u.å.a). Funktionen är sådan att dagvattnet antingen kan ledas in via brunnar eller om utrymmet är fyllt med makadam så kan en dagvattenledning anläggas som via spridning fördelar vattnet i magasinet (Stockholm vatten och avfall u.å.a). Det som är viktigt då brunnar används är att se till att det finns sandfång vid inloppet för att minska igensättningsrisken menar Stockholm vatten och avfall. Vad det gäller tömning av magasinet så kan den tekniken utformas genom att magasinet är vattenfyllt och endast har avtappning vid ny tillrinning av nederbörd. Antingen töms magasinet genom pumpning där

fyllning och tömning sker satsvis när det magasinerade vattnet når förutbestämda nivåer, eller så har magasinet ett strypt utlopp som betyder att det töms kontinuerligt (Stockholm vatten och avfall u.å.a).

Enligt VA-guiden (u.å.a) så innebär längre uppehållstid i magasinet en bättre rening och att det främst är de större partiklarna som avskils och sedimenterar om inte utrymmet är fyllt med makadam för då antas avskiljningsgraden vara 70 till 80 procent när det gäller koppar, zink, krom och olja. Stockholm vatten och avfall (u.å.a) uppger å andra sidan en avskiljningsförmåga på 30 till 65 procent för metaller, men ingen av dem hänvisar till en specifikt rapport.

Avsättningsmagasinet kräver regelbunden skötsel då sandfånet måste tömmas så inte anläggningen sätter igen och även sedimentet måste på ett riskfritt sätt avlägsnas från ett tömningsbart och tomt magasin. Är magasinet fyllt med makadam går det inte att tömma (Stockholm vatten och avfall u.å.a; VA-guiden u.å.a).



Figur 8. Utformning av perkulationsmagasin med öppen botten. Källa: VA-guiden

Perkulationsmagasinet har som uppgift att fördröja och rena dagvatten samt är anlagt under marken och kan magasinera dagvattnet. Magasinet har en botten som är öppen (se figur 8) så dagvattnet kan perkolera och i och med detta så bidrar denna

anläggning till den naturliga bildningen av grundvatten (Berggren 1991:12). Dagvatten leds in i magasinet via brunnar eller ledningar där inloppet bör vara utrustat med ett sandfång för att minska igensättningsrisken och själva magasinet kan vara fyllt med makadam (VA-guiden u.å.c). Denna typ av magasin ska dimensioneras utifrån att det ska kunna tömmas på ungefär 12 timmar i och med att dagvattnet förväntas perkolera nedåt och utåt till marklagren vilket medför att det är mycket olämpligt att placera denna typ av magasin i områden med hög grundvattennivå (Svenskt vatten och avlopp u.å.c)

Reningsförmågan räknas som hög i detta magasin då det först sker sedimentation av partikelbundna föroreningar och suspenderat material där förmågan att avskilja metaller uppgår till mellan 30 till 80 procent och sedan fortsätter reningen för det vatten som filtrerar vidare i marken (Svenskt vatten och avlopp u.å.c). Den totala reningseffekten där även biologiska och kemiska processer bidrar påverkas av jorddjup, markkemin och jordens infiltrationskapacitet uppger Svenskt vatten och avlopp (u.å.c).

Perkolationsmagasin kräver regelbunden kontroll av själva intagen till anläggningen i form av ledningar, brunnar och sandfång samt kontroll av den hydrauliska konduktiviteten så att igensättningar upptäcks. Efter en period på 25 till 50 år kan det bli aktuellt att byta ut materialet i magasinet (Svenskt vatten och avlopp u.å.; VA-guiden u.å.c).

3.7 Sammanfattning

Genom litteraturgenomgången går det enligt vissa mätmetoder att anta att biokolet har tendens till renande effekt av urbana föroreningar då det används blandat med makadam i krossmagasin. Reningen sker genom sedimentation i samtliga krossmagasin som är upptagna i detta arbete. Fördröjningen och magasinering utförs antingen genom att diken har en svag lutning eller som i de underjordiska magasinerna att vatten hålls kvar i ett utrymme. Dessa magasin töms antingen med ledningar i de fall botten är tät eller genom infiltration genom markprofilen när botten är öppen. Sedimentationen sker i magasinerna oavsett typ av botten. Reningseffekten påverkas dock troligen av hur biokolet har tillverkats och av vilket material det framställts. Det framkommer att biokol som tillverkats i höga temperaturer verkar ha en större förmåga till adsorption vid rening. I de flesta undersökningar har inte biokol eller kolmakadam använts enskilt utan oftast har resultatet baserats på blandningar där jord eller sand också har ingått i studien. I detta arbete har det varit uppenbart vid litteratursökningar att det saknas forskning på biokolets möjlighet till att ensamt stå för rening vid dagvatten-hantering i Sverige.

I dessa fall kan inte biokolet eller kolmakadam anses vara det som renar då det inte kan uteslutas att växter och jordsubstrat har en stor inverkan på reningsgrad. Detta leder till att det inte går att dra några slutsatser om biokolets egen möjlighet till rening av de tungmetaller och andra föroreningar som finns i dagvatten i den urbana trafikerade miljön i vår klimatzon.

Angående vilka föroreningar som fastläggs genom adsorption på biokolet så kan resultat anta att de vanligaste föroreningarna i urban miljö fastläggs. Dessa föroreningar är Pb, Zn, Cu, Cd, Cr och Ni.

3.8 Observationsstudien

I observationsstudien redogörs för hur dagvattenhanteringen utförs på två platser i Uppsala med dess funktioner ur reningssynpunkt samt vilka värden de tillför platserna.

3.8.1 Rosendal Etapp 1

Representant från Uppsala kommun och edges i Malmö uppger att anläggningen konstruerades på ett felaktigt sätt och med anledning av detta så har inte något test av reningsförmåga utförts. Då de nästföljande etapperna är klara kommer tester att utföras.

För att svara på frågan om anläggningens funktion som krossmagasin vad det gäller rening och fördröjning beskrivs här dagvattnets väg. Här måste marken skyddas då den ligger i den yttre zonen av grundvattentäkter och vatten får ej perkolera ner till grundvattnet. Rent tekniskt skulle anläggningen kunna ha magasinering under vägen där biokol används för att adsorbera urbana föroreningar och vatten leds kontrollerat och renat från föroreningar till recipienten. På denna plats byggdes dock botten tät för att inte äventyra att dagvatten infiltrerar genom markprofilen och kontaminerar grundvatten eller vattnet i recipienten Fyrisån.

Anläggningarna som byggts i Rosendal etapp 1 är dimensionerade att klara av ett hundraårs regn. Anläggningarna är byggda så att dagvattnet rinner till växtbädd och in i förstärkningslager via inloppsbrunnar. Dagvattnet kommer magasineras och fördröjas under de hårdgjorda ytorna innan det rinner vidare genom dagvattenstamnätet. Dagvattnet får inte ha för stor koncentration av föroreningar innan det rinner ut i recipienten Fyrisån. Dagvattnet rinner med denna konstruktion långsamt och ger i och med det en låg risk för att ledningssystemet ska överbelastas.

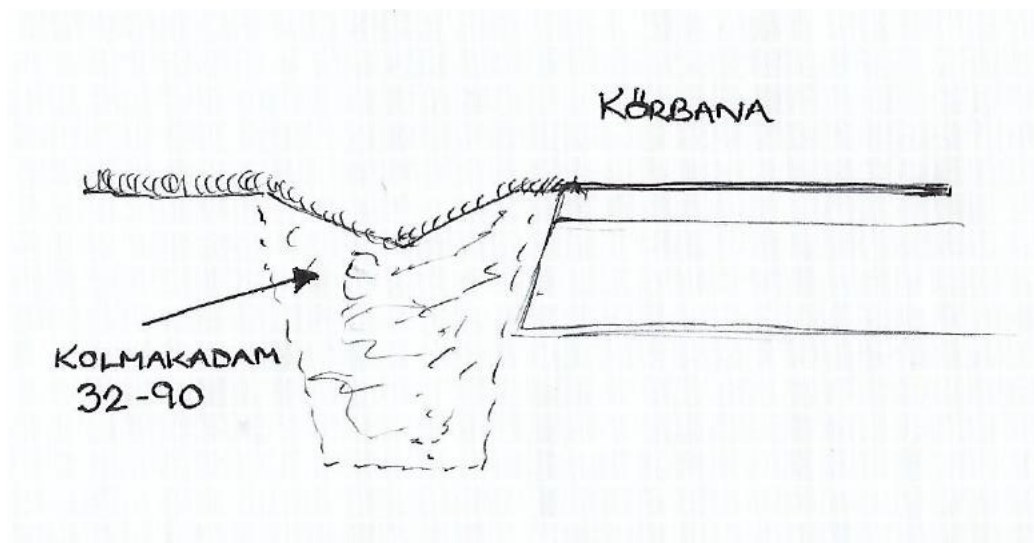
I dessa system i Rosendal tar växtbäddar emot dagvatten och överskottsvatten leds ut i förstärkningslagret under de hårdgjorda ytorna. Då mätningar av föroreningshalten inte har utförts är det inte möjligt att ange hur stor del som regnbäddarna renar och hur stor del som renas i kolmakadam genom adsorption och sedimentering under hårdgjorda ytor. Angående frågeställning om rening antas området ha normal föroreningsnivå för urban miljö, men det kan inte säkerställas utan bara antas att biokolen har renande egenskaper.

De föroreningar som antas tas omhand vid användning av biokol blandat med makadam i dessa anläggningar är de mest vanliga i trafiken förekommande tungmetallerna: Pb, Zn, Cd, Cu, Cr och Ni.

De värden som kan motivera till mer användande av biokol i detta område är i stort koncentrerad till regnbäddarna. Biokolen kan i dem bidra till högre *biologisk och ekologisk* aktivitet då biokol i växtbäddar har visat på bättre förutsättningar för växtlighet och mikroorganismer. Även de *estetiska* värdena bör poängteras med anledning av det som växtligheten tillför i det urbana landskapet ur både upplevelsemässiga och hälsa samt välmående aspekter. Detta leder även till förbättrade *miljömässiga* omständigheter med växtlighet som hjälper till att skapa bättre stadsklimat, minskar buller och sänker temperaturen. Ur ett *ekonomiskt och tekniskt perspektiv* så kommer troligen biokolets effekt märkas först längre fram. Då i form av att vi får renare vattendrag och mindre belastning på våra reningsverk.

3.8.2 Gamla Uppsalagatan 21:20

Ett resultat efter testning av dagvattenanläggningens funktion för just detta område är för tidigt att utföra eftersom området inte är färdigställt. Principiellt torde svackdiken utöva bra rening genom sin sedimentering av föroreningar. Det som kommit fram i observationsstudien är att svackdikena kommer kunna anläggas med en svag lutning som möjliggör låg flödeshastighet. Dikena kommer vara något gräsbeklädda vilket kommer bidra till lägre flödeshastighet. Flödesberäkningar för de regn som ligger till grund för detta område, som är tätbebyggt i flackt landskap, sätter dimensionerande regn till tio år med varaktighet tio minuter. Detta ger en flödeshastighet som ligger inom gränsvärdena 0,18 – 0,30 meter per sekund, vilket innebär att möjlighet för sedimentation av partiklar föreligger. Detta kommer troligast generera ett positivt utslag på frågan ifall de kolmakadambottnande krossmagasinen i Gamla Uppsalagatan 21:20 kan förväntas bidra med ökad rening när det testet genomförs (*se figur 9*).



Figur 9. Svackdiken på Gamla Uppsalagatans uppbyggnad. Illustration: Marlene Nilsson

De föroreningar som med stor sannolikhet kommer att ackumuleras i dagvattnet vid dess ytavrinning i området tyder på en blandning av de vanligaste förekommande i en urban miljö. Då detta område ligger söder om en korsning av två genomfartsvägar för en stadsdel kommer trafiken vara moderat, vilket även det talar för en normal föroreningsmängd för en urban ytavrinning. De föroreningar som förväntas att adsorberas av biokolet i dessa kolmakadambottnade svackdiken tyder på de i trafiken förekommande tungmetallerna: Pb, Zn, Cd, Cu, Cr och Ni. Då svackdikena tillåter sedimentation och infiltration följt av avrinning till recipient eller påfyllnad av grundvattenlagren innebär det att ett renare vatten kommer levereras än innan det nådde svackdiket.

Under parkeringsytan i den södra delen av området kommer det underjordiska perkolationsmagasinet att kunna ta emot 92m^3 . Hela området kommer klara att hantera en flödes hastighet på 174 liter per sekund.

För att motivera byggandet av dessa svackdiken där bottenlager består av biokol och makadam, kolmakadam, kan det motiveras genom att biokolen bidrar med mer *biologisk* aktivitet i området. Biokolet i makadam ger ökad mikrobiell aktivitet vilket ger en mer levande markprofil även runt diket. Detta leder till en bättre närmiljö där det sker en *ekologisk* förbättring då växter kommer ha ökad chans till god etablering vilket innebär mat och husrum för olika djurarter. Vidare ger detta ett *estetisk* lyft för området genom mindre yta av hårdgjorda ytor där i stället växtligheten får sprida färg, variation och ett inbjudande landskap. Nyttan rent *miljömässigt* innebär bättre stadsluft, viss temperatursänkning och bättre luftfuktighet då vatten avdunstar från växtligheten. För att avsluta med det *tekniska* värdet i att anlägga dessa svackdiken i stället för ett nytt dagvattenledningssystem

så innebär detta en anläggning som renar och ger ett översvämningsskydd. Dessutom är det i material sett och arbetskostnad en stor kostnadsminskning, vilket i längden ger ett stort *ekonomiskt* värde.

Detta område kan med sina svackdiken bidra till bättre rening av dagvattnet då vattnet inte bara passerar kolmakadam utan även tillåts rinna igenom den ordinarie jordprofilen som har renat vatten i tusentals år.

4. Diskussion

I detta kapitel kommer de olika dagvattenanläggningar inom berörda krossmagasin som varit aktuella i detta arbete att diskuteras utifrån rollen som dagvattenhanterare, ifall en bättre vattenkvalité kan antas efter att dagvatten har passerat anläggningen. En redovisning över olika värden så som biologiska, ekologiska, ekonomiska, estetiska, miljömässiga och tekniska kommer ges som svar på uppsatsens frågeställning om vilka olika värden som kan motivera ökad användning av biokol i dagvattenhanteringen i urbana miljöer.

4.1 Krossmagasinens funktion

I Rosendals hårdgjorda ytor är tänket att ta vara på varje centimeter genom att koppla ihop växtbäddar och trädgröpar med förstärkningslagren under gång-, cykel- och vägbanor vilket gör att stora magasin bildas. Här kan vattnet fördröjas innan det rinner undan i dagvattenstamnätet. Kan biokolen bidra med rening betyder det mindre förorenat vatten till reningsverken så att de stora reningsresurserna läggs på spillvattnet. I området för Gamla Uppsalagatan å andra sidan beslutas att så mycket grönyta som möjligt ska behållas för att en naturlig infiltration av dagvatten ska kunna fortgå. Här kan biokolen assistera med ytterligare rening i krossmagasinen då staden har ett område där dagvattnet får infiltrera och perkolera för att på så sätt sluta vattnets kretslopp. På dessa platser har staden använt två olika sätt beroende på hur hårt området behövde exploateras och antalet boende som skulle nyttja ytan. Båda sätten bidrar till fördröjning, rening och magasinering av dagvatten innan det når recipienten. Båda sätten bidrar till en långsiktig hållbar dagvattenhantering genom att kombinera kapacitet, stadsmiljö och vattenkvalitet (Stahre 2004:11).

Något som är viktigt att tänka på ur ett hållbart perspektiv är materialet när dessa dagvattenanläggningar konstrueras. Vid dessa stora exploateringar så sprängs ofta berg för att göra plats till den nya stadsmiljön. Här bör sprängstenen tas omhand, bearbetas på plats och vara det som krossmagasinen fylls med. Detta sparar onödiga och dyra transporter samt bidrar till återanvändande av material som redan är inköpt, eftersom det redan fanns i marken. Biokolanläggningar bör finnas med som investeringsförslag i Uppsala kommuns budget omgående för att på så sätt säkra en

lokal tillverkare för att minska klimatavtrycket vid transport till nyexploateringar. Det är bättre att tillverka lokalt och där ligger Stockholm stad (2017:11) i framkant som menar att det är då först som det blir hållbara dagvattenanläggningar.

En annat cirkulär tanke är kring skötselbehoven. De hårdgjorda ytorna med växtbäddar och magasin kräver viss skötsel som beskrivits i detta arbete. Detta medför personal- och maskinkostnader. Vinsten, eller att minska förlusten, kan vara att använda det sediment som lagrats i dagvattenanläggningar till något annat i samhället. Med anledning av att biokol antas kunna bidra med viss rening bör det inte vara en hög föroreningshalt i sedimentet. Kan det omvandlas till någon form av bränsle, kan det bidra med något till den urbana miljön eller kanske till den rurala?

I vår strävan efter en hållbar urban miljö måste vi tänka allt som integrerat. Det blir svårt att få en miljö att fungera ifall den delas in i små området utan helhetstänk. Det blir svårt att exempelvis nå lägst god status i vattendragen i och runt staden om inte alla steg involveras från att regnet faller till det åter är i recipienten igen.

Att bygga hållbart kommer kanske även innebära att vi måste tänka på hur föroreningar och även vägsalt påverkar själva byggmaterialen (Ke et al. 2019). Vi kan ha anläggningar som genererar enorm rening, magasinering och växtkraft, men om dess uppbyggnadsmaterial bryts ner genom korrosion kommer det kosta enorma summor att göra om anläggningen. Inom dessa områden behövs mer materialforskning.

Genom att undersöka ritningar kan jag se att det är mycket som ska få plats under den hårdgjorda miljön som vi ser när vi blickar ut i stadslandskapet. Genom att använda lösningar som tar vara på varje del av gaturummet kan vi bygga hållbara städer som även är anpassade till att klara den klimatomställning vi är i. Det blir intensivare regn, men även torrare perioder, och vi måste bygga för att klara båda dessa extrema situationer. Att använda multifunktionella ytor är ett sätt där dagvatten kan fördröjas.

Efter undersökning av olika rapporter, artiklar, och andra studier har jag kommit fram till att biokol som *enskilt* medium för att rena dagvatten från tungmetaller inte har kunnat konstaterats. Forskning och studier gjorda i Sverige har varit svåra att hitta och de som har utförts är egentligen enbart gjorda där inblandning av andra substrat ingår och då kan inte slutsatsen dras att det faktiskt är *biokolen* som har stått för att kvalitén på passerat vatten har blivit bättre. Med anledning av att det finns utländska studier som hävdar biokolets förmåga till rening (Ahmad et al. 2014; Kumar & Bhattacharya 2021) bör detta studeras på bred front även i Sverige. Det finns påbörjade studier på universitet, men de är enbart preliminära där

resultaten inte publicerats ännu. Då det under litteraturgenomgången kom upp att biokolets tillverkningssätt kunde utgöra en skillnad i hur föroreningar fastläggs behöver studier göras i vårt klimat, med olika tillverkningssätt och olika material. Det behöver även utföras studier på vilka olika föroreningar individuellt som fastläggs vid olika förutsättningar då det troligen också varierar (Mohan et al. 2014).

4.2 Vilka värden finns i biokol och dagvattenhantering

Samhället måste bli mer cirkulärt där vi återvinner så mycket vi kan göra och detta gäller givetvis även vatten. Kolmakadam är ett dyrare substrat att använda än makadam. Biokolen i sig kostar mer och produktionen i Sverige är än så länge förhållandevis liten. Sedan 1990-talet när den långsiktiga och hållbara dagvattenhanteringen gjorde sitt intåg i urbana miljöer och växtbäddar så finns det all anledning att fortsätta utveckla den. Skulle det framkomma evidens på att biokolen i sig faktiskt står för en stor andel av adsorption av föroreningar som är skadlig för vår miljö så finns det ju all anledning att använda mer av den. Kan vi genom att använda biokol som fyllning i förstärkningslagren i utrymmen under gator och andra hårdgjorda miljöer bidra till bättre omhändertagande av förorenat dagvatten skulle det vara en värdefull lösning. För samhället skulle det innebära att det slipper föroreningar i dagvattnet och i stället låter ett vatten med bättre kvalitéer rinna ut i recipienter eller perkolera till grundvattnet för att slutligen återigen ingå i vattnets kretslopp.

När det gäller *biologiska och ekologiska värden* så gynnar användning av biokol i botten av svack- eller makadamdiken att mikrolivet frodas. Detta för med sig att marken runt omkring får en bättre hälsostatus och i och med det kan bidra till näringsrik mark för växtlighet. Det i sin tur bidrar med en ökad biologisk mångfald när arter trivs och finner både föda och möjlighet till boplatser.

Det är svårt att ange i kronor och ören och tala om *ekonomiska värden* när det gäller dagvattenhantering och biokol. Visst kan det med kalkyler visa på kostnad vid uppförande och drift av dagvattenanläggningar, men det är svårt att räkna ut vad vi sparar genom att se till att vi tillför ett bättre vatten till recipienterna. I dessa vatten där fiskstammar och andra vattenlevande organismer frodas. Där växtligheten bidrar med att ta upp koldioxiden direkt från vattnet och därmed hjälper till att hålla koldioxiden ur atmosfären. Den stora ekonomiska besparingen får vi genom att vi får ekosystem som fungerar och vi kommer få ett dagvatten som är renat från föroreningar som kommer av vår livsstil. När vi låter dagvatten passera genom anläggningarna så ökar vi *miljövärdena* eftersom belastningarna av föroreningarna på miljön minskar. I de öppna krossmagasinen sker avskiljandet till största del

genom sedimentation, men i de fall det finns växtlighet tas en del upp av växterna. Allt detta kan vi få hjälp att utföra om vi försöker efterlikna naturens sätt att ta hand om avrinnande vatten efter regn. Här kan sägas att vi ökar de *tekniska värdena* genom att få anläggningar där mycket sköter sig självt, och att det vi redan har anlagt får en säkrare funktion och även en viss avlastning vid extrem regnen.

Det gröna är viktigt för människans hälsa. Att använda biokol för att få grönare städer bidrar inte enbart med bättre rening av dagvatten och bättre växtförhållanden utan medför även *estetiska värden* i den hårdgjorda urbana miljön. Vi får ett landskap i staden där de hårdgjorda ytorna samarbetar med grönytorna på ett nästan cirkulärt sätt.

4.3 Utveckling av metod och nya studier

Det hade varit intressant att undersöka rening av dagvattnet över tid vid användande av biokol. Anta att ett perkolationsmagasin fylls och bevakas med provtagningar under en fem års period för att se om adsorptionen av föroreningar ändras. Detta skulle vara intressant för att utröna om biokolen kan bli mättad när det agerar som eget reningsobjekt.

Det skulle också vara mycket intressant att undersöka hur halkbekämpningsmedel och avrinning efter snösmältning påverkar biokolen efter en eller flera vintersäsonger. Har klimatzonen någon betydelse för verkningsgrad? Ingen av dessa undersökningsförslag ryms dock inom ramen för detta arbete, men vore en idé att ta tag i och förbereda inför hösten och vintern.

Vad det gäller förbättringsförslag så är det framför allt att föreslå att påbörja mätningar som kan avgöra om biokolet ensamt kan stå för rening av dagvatten och på vilket sätt. Detta kommer troligtvis innebära ett massivt batteri av mätningar då biokolets reningseffekt kan ha att göra med hur biokolet har framställts i pyrolysisprocessen samt beroende av vilka material som det framställts ur. Det finns också en möjlighet att det framkommer att olika ämnen binder till kolet vid olika klimatsituationer. Det är ett brett ämne och kräver sin forskning.

Referenser

- Ahmad, M., Rajapaksha, A.U., Lim, J.E., Zhang, M., Bolan, N., Mohan, D., Vithanage, M., Lee, S.S. & Ok, Y.S. (2014). Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water: A review. *Chemosphere*, 99, 19–33.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.10.071>
- Andrén, B., Axelsson, A., Högström, T. & Carlén, G. (2014). *Dagvattenprogram för Uppsala kommun: Antaget av kommunfullmäktige 27 januari 2014*. Uppsala: Uppsala kommun. <https://www.uppsalavatten.se/globalassets/dokument/om-oss/verksamhet-och-drift/dagvattenprogram.pdf>
- Berggren, H. (1991). *Lokalt omhändertagande av dagvatten: erfarenheter och kunskapsuppbyggnad under 1970- och 1980-talen*. Göteborg: Vasastadens bokbinderi
- Bergvin, D. (2010). *Detaljplan för del av Rosendalsfältet Uppsala kommun*. Uppsala: Uppsala kommun
https://www.uppsala.se/contentassets/01d1959bf55444efa3afd735e0dbe71a/plan_beskrivning.pdf
- Blecken, G. (u.å.). *Kunskapssammanställning Dagvattenrening*. (2016-05). Bromma: Svenskt Vatten.
https://www.svensktvatten.se/contentassets/979b8e35d47147ff87ef80a1a3c0b999/svu-rapport_2016-05.pdf
- BrYkova, R. (2020). Effect of deicing salts on urban lawn components : a pot experiment. *AGROCHIMICA*, (2), 97. <https://doi.org/10.12871/00021857202021>
- Crosky, A., Downie, A., & Munroe, P. (2009). Physical Properties of Biochar I: Lehmann, J. & Joseph, S. (red.) (2009). *Biochar for environmental management: science and technology*. London ; Sterling, VA: Earthscan.
- Didriksson, O. & Murén, P. (2017). *Klimatsäkrade systemlösningar för urbana ytor WP1A Entreprenörperspektiv Final.pdf*.
<http://klimatsakradstad.se/media/2017/10/Klimats%C3%A4krade-systeml%C3%B6sningar-f%C3%B6r-urbana-ymtor-WP1A-Entrepren%C3%B6rperspektiv-Final.pdf> [2022-01-27]
- EBC (2022). *The European Biochar Certificate (EBC)*. <https://www.european-biochar.org/en> [2022-02-26]
- EcoConcept (2021). Fakta om användningen av vägsalt. *EcoConcept*.
<https://ecoconcept.se/nyheter/fakta-om-anvandningen-av-vagsalt/> [2022-03-15]

- Egelberg, P. & Wold, S. (2020). *Dagvattenlösningar innehållande biokol* -. <https://mail.google.com/mail/u/0/#label/AAA+Uppsats/QgrcJHrhwzTZrxGDXICgXVZSCLFVswsBKKQ?projector=1&messagePartId=0.1> [2022-02-27]
- Europaparlamentet (2000). 2000/60/EG. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8-756d3d694eeb.0011.02/DOC_1&format=PDF [2022-02-18]
- Förenta Nationerna (2021). *Det värdefulla vattnet*. Förenta Nationerna. <https://unric.org/sv/det-vardefulla-vattnet/> [2022-02-21]
- Granath, M., Stråe, D. & van der Nat, D. (2019). *Uppsala Dagvattenplan*. https://insidan.uppsala.se/PageFiles/191780/Uppsala_Dagvattenplan_190222.pdf [2022-01-27]
- Grip, H. & Rodhe, A. (2016). *Vattnets väg från regn till bäck*. <http://uu.diva-portal.org/smash/get/diva2:1047230/FULLTEXT01.pdf> [2022-02-21]
- IPCC (2021). *IPCC AR6 WGII FinalDraft Chapter04*. https://report.ipcc.ch/ar6wg2/pdf/IPCC_AR6_WGII_FinalDraft_Chapter04.pdf [2022-03-06]
- Jergmo, A.F. (2015). *Grågröna systemlösningar för hållbara städer*. [Faktablad]. Alnarp: Movium fakta. http://godaexempel.dagvattenguiden.se/wp-content/uploads/2016/12/%C3%96reingev%C3%A4gen_movium_fakta_2-2015_rangbaddar-slutlig.pdf [2022-03-13]
- Jordbruksverket (2020). *Biokol i ekologisk odling*. <https://jordbruksverket.se/jordbruket-miljon-och-klimatet/forskning-om-ekologisk-produktion/arkiv/2020-03-19-biokol-i-ekologisk-odling> [2022-02-27]
- Ke, G., Zhang, J. & Tian, B. (2019). Evaluation and Selection of De-Icing Salt Based on Multi-Factor. *Materials*, 12 (6), 912. <https://doi.org/10.3390/ma12060912>
- Kumar, A. & Bhattacharya, T. (2021). Biochar: a sustainable solution. *Environment, Development and Sustainability*, 23 (5), 6642–6680. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00970-0>
- Lehmann, J. & Joseph, S. (red.) (2009). *Biochar for environmental management: science and technology*. London; Sterling, VA: Earthscan.
- Lindh, S. (2016). *Planbeskrivning Detaljplan för Rosendalsfältet*. Uppsala: Uppsala kommun. <https://bygg.uppsala.se/globalassets/upsala-vaxer/dokument/stadsplanering--utveckling/detaljplanering/antagna-detaljplaner/rosendalsfaltet/planbeskrivning.pdf>
- Liveland, R. (2019). *Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten*. (HVMFS 2019:25). <https://www.havochvatten.se/download/18.4705beb516f0bcf57ce1c145/1576576601249/HVMFS%202019-25-ev.pdf>
- Livsmedelsverket (2022). *Konserveringsmedel*. <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/tillsatser-e-nummer/konserveringsmedel> [2022-03-15]

- Länsstyrelsen (u.å.). *Vattenförvaltning*. <https://www.lansstyrelsen.se/uppsala/miljo-och-vatten/vattenforvaltning.html> [2022-02-25]
- Makepeace, D.K., Smith, D.W. & Stanley, S.J. (1995). Urban stormwater quality: Summary of contaminant data. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 25 (2), 93–139. <https://doi.org/10.1080/10643389509388476>
- Melin, J. (2012). Så lite vatten finns på jorden. *Ny Teknik*. <https://www.nyteknik.se/popularteknik/sa-lite-vatten-finns-pa-jorden-6417474> [2022-02-25]
- Mohan, D., Sarswat, A., Ok, Y.S. & Pittman, C.U. (2014). Organic and inorganic contaminants removal from water with biochar, a renewable, low cost and sustainable adsorbent – A critical review. *Bioresource Technology*, 160, 191–202. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.01.120>
- Nationalencyklopedin AB (u.å.). *Absorption*. <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/absorption> [2022-03-15]
- Naturvårdsverket (u.å.). *Hållbar dagvattenhantering*. <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/avlopp/hallbar-dagvattenhantering/> [2022-03-06]
- Paulsson, M. (2021). Slutrapport Steg 2. *Biokol - Rest till Bäst*. <https://biokol.org/slutrapport-steg-2/> [2022-02-26]
- Perera, T., McGree, J., Egodawatta, P., Jinadasa, K.B.S.N. & Goonetilleke, A. (2021). Catchment based estimation of pollutant event mean concentration (EMC) and implications for first flush assessment. *Journal of Environmental Management*, 279, 111737. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111737>
- SGU (2020). *Vatten. Sveriges geologiska undersökningar*. <https://www.sgu.se/om-geologi/vatten/> [2022-03-06]
- SMHI (2021). *Vattnets kretslopp - förenar hydrologi, meteorologi och oceanografi | SMHI*. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologi/vattnets-kretslopp/vattnets-kretslopp-forenar-hydrologi-meteorologi-och-oceanografi-1.20615> [2022-02-21]
- Stahre, P. (2004). *En långsiktigt hållbar dagvattenhantering: planering och exempel*. Stockholm: Svenskt vatten.
- Stockholm stad (2017). *Växtbäddar i Stockholm 2017*. https://leverantor.stockholm/globalassets/foretag-och-organisationer/leverantor-och-utforare/entreprenad-i-stockholms-stads-offentliga-rum/vaxtbaddshandboken/vaxtbaddar_i_stockholm_2017.pdf [2022-02-27]
- Stockholm vatten och avfall (u.å.a). *Avsättningsmagasin*. http://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/avmag_h.pdf [2022-02-27]
- Stockholm vatten och avfall (u.å.b). *Makadamdiken*. http://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/md_h.pdf [2022-02-27]

- Stockholm vatten och avfall (u.å.c). *Svackdiken*.
http://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/svd_h.pdf
 [2022-02-27]
- Struktur, P. (2017). *Gamla Uppsala 21:20 i Uppsala*. Stockholm: Struktur.
https://bygg.uppsala.se/globalassets/uppsala-vaxer/dokument/stadsplanering--utveckling/detaljplanering/samrad_granskning/gamla-uppsala-21.20---samrad/dagvattenutredning-inkl-bilagor.pdf
- Svensk Vatten (2022). *Rörnät & klimat*. *Svenskt Vatten*.
<https://www.svensktvatten.se/vattentjanster/rornat-och-klimat/> [2022-03-04]
- Svenskt Vatten (2021). *Dricksvattenfakta*. *Svenskt Vatten*.
<https://www.svensktvatten.se/fakta-om-vatten/dricksvattenfakta/> [2022-02-25]
- Svenskt Vatten (2016). *P110 Avledning av dag-, drän- och spillvatten*.
http://vav.griffel.net/filer/P110_del1_web_low_180320.pdf [2022-02-26]
- Svenskt Vatten (2011). *P105 Hållbar dag- och dränvattenhantering*. Taberg: Svenskt Vatten
- Svenskt vatten och avlopp (u.å.). *Perkolationsmagasin*.
http://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/perkmag_h.pdf
 [2022-02-27]
- Sveriges miljömål (2021). *Dagvattenhantering i ny eller ändrad bebyggelse - Sveriges miljömål*. <https://sverigemiljomal.se/etappmalen/dagvattenhantering-i-ny-eller-andrad-bebyggelse/> [2022-02-25]
- Svevia (u.å.). *Makadam*. <https://www.svevia.se/vart-erbjudande/grus-och-kross/makadam>
 [2022-02-27]
- Sydvatten (2021). *Vattnets kretslopp*. Sydvatten. <https://sydvatten.se/vattenfakta/vattnets-kretslopp/> [2022-02-25]
- Søberg, L.C., Blecken, G., Viklander, M. & Winson, R. (2019). Dissolved metal adsorption capacities and fractionation in filter materials for use in stormwater bioretention facilities | *Elsevier Enhanced Reader*.
<https://doi.org/10.1016/j.wroa.2019.100032>
- Tang, J., Zhu, W., Kookana, R. & Katayama, A. (2013). Characteristics of biochar and its application in remediation of contaminated soil. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 116 (6), 653–659. <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2013.05.035>
- Thynell, A., Fridell, K., Bruhn, F. & Fors, J. (2020). *Levande gaturum-en handbok i blågröngrå system*. <https://tekniskhandbok.uppsala.se/globalassets/teknisk-handbok/dokument/tekniska-anlaggningar/levande-gaturum-en-handbok-i-blagrongra-system.pdf> [2022-02-27]
- Trafikverket (2011a). *TRVK Väg Trafikverkets tekniska krav Vägkonstruktion*.
https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/10750/RelatedFiles/2011_072_TRVK_vag_2.pdf [2022-02-20]

- Trafikverket (2011b). *TRVKB 10 obundna lager*. https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/10838/RelatedFiles/2011_083_TRVKB_10_obundna_lager_2.pdf [2022-01-27]
- Uppsala Kommun (2010). *Plankarta del av Rosendalfältet*. https://www.uppsala.se/contentassets/01d1959bf55444efa3afd735e0dbe71a/plan_karta.pdf [2022-03-13]
- Uppsala Kommun (2015). *VA 2050 i Uppsala kommun.pdf*. <https://www.uppsala.se/contentassets/b493ca349da240448a5547f85c6e3a6d/op2016-underlagsrapport-va-2050-i-uppsala-kommun.pdf> [2022-02-20]
- Uppsala Kommun (2016). *Dagvattenhandbok 2016*. https://www.uppsalavatten.se/globalassets/dokument/om-oss/verksamhet-och-drift/uv_dagvattenhandbok-2016.pdf [2022-02-25]
- Uppsala Kommun (2021a). *Handlingsplan för vattenprogram för Uppsala kommun.pdf*. <https://www.uppsala.se/contentassets/7b9b07b0410c4197826684fb4e79c696/handlingsplan-for-vattenprogram-for-uppsala-kommun.pdf> [2022-02-25]
- Uppsala Kommun (2021b). *Mål med Uppsalas vattenvård. Uppsala kommun*. <https://www.uppsala.se/kommun-och-politik/sa-arbetar-vi-med-olika-amnen/vatten/mal-med-uppsalas-vattenvard/> [2022-02-25]
- Uppsala Vatten (2020). *Plan för allmänna VA anläggningen*. <https://www.uppsalavatten.se/globalassets/dokument/om-oss/verksamhet-och-drift/plan-for-allman-na-va-anlaggningen-10-sep-2020.pdf> [2022-01-25]
- Uppsala Vatten (u.å.). *Grundvatten från Uppsalaåsen*. <https://www.uppsalavatten.se/om-oss/verksamhet-och-drift/dricksvatten/uppsalaasen-grundvatten/> [2022-03-06]
- VA-guiden (u.å.a). *Avsättningsmagasin | VA-guiden*. <https://vaguiden.se/dagvatten/anlaggningswiki/avsattningsmagasin/> [2022-02-27]
- VA-guiden (u.å.b). *Makadamdiken | VA-guiden*. <https://vaguiden.se/dagvatten/anlaggningswiki/makadamdike/> [2022-02-27]
- VA-guiden (u.å.c). *Perkolationsmagasin | VA-guiden*. <https://vaguiden.se/dagvatten/anlaggningswiki/perkolationsmagasin/> [2022-02-27]
- VA-guiden (u.å.d). *Svackdiken | VA-guiden*. <https://vaguiden.se/dagvatten/anlaggningswiki/svackdike/> [2022-02-27]
- Vattenmyndigheterna (2012). *Vatten vårt gemensamma ansvar*. <https://www.vattenmyndigheterna.se/download/18.2e50256416a58d18ea95451d/1559549009718/Vatten%20v%C3%A5rt%20gemensamma%20ansvar.pdf> [2022-01-25]
- Vattenmyndigheterna (2022a). *Förvaltningsplan*. <https://www.vattenmyndigheterna.se/vattenforvaltning/forvaltningsplan.html> [2022-02-27]

- Vattenmyndigheterna (2022b). *Vattenförvaltning i Sverige*.
<https://www.vattenmyndigheterna.se/vattenforvaltning/vattenforvaltning-i-sverige.html> [2022-02-20]
- Viklander, M., Österlund, H., Müller, A., Marsalek, J. & Borris, M. (2019).
Kunskapssammanställning Dagvattenkvalitet. (2019-2). Bromma: Svenskt Vatten.
<https://www.svensktvatten.se/contentassets/f3d99ca8ce964851b9702d3dc85e4269/trvu-rrap-2019-02.pdf>
- Vägverket (2018). *Vägsalt inriktning för optimering av nyttor och samtidig minimering av miljöeffekter*. https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/57375/Ineko.Product.RelatedFiles/2018_210_Vagsalt_inriktning_for_optimering_av_nyttor_och_samtidig_minimering_av_miljoeffekter_.pdf [2022-03-15]
- Wall, K. (2015). Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om övervakning av ytvatten enligt förordningen (2004:660) om förvaltning av kvaliteten på vattenmiljön. (HVMFS 2015:26).
<https://www.havochvatten.se/download/18.679f98fc1507dbb8f692e61e/1445593299034/HVMFS%202015-26-ev.pdf>

Bilaga 1



Postbus 48 | 3155 ZG | Maastrand | NLD

k43797
Kekkilä Oy
PL 22
FI-40101 Jyväskylä, Finland

BVB Research BV

Coldenhovenlaan 10
2678 PS | De Lier | NLD

T +31(0)174-335456
F +31(0)174-335451

research@bvb-substrates.nl
www.bvb-substrates.nl

BIC INGBNL2A
IBAN NL 54 INGB 065 96 61 128
KVK 24232449
BTW NLD008284659B01

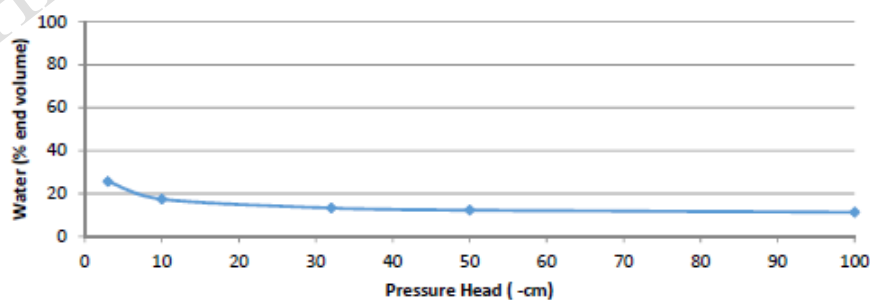
Report Date : 13-7-2020
Batchnumber : 0620Fc-1
Object : Citykross Riala 2-6

Receive Date : 12-6-2020
Test Methode : Physical Methode

Moisture Content	4,9 %
Dry Bulk Density	1489 kg/m ³
Total Pore Space	42,8 %
Organic matter	2,4 % DM
Shrinkage value	0 %

	Water volume (%)	Air volume (%)	Water value (g water/ g OM)
pF 0,5 (-3,2cm)	25,6	17,3	7,2
pF 1,0 (-10cm)	17,4	25,5	4,9
pF 1,5 (-32cm)	13,2	29,6	3,7
pF 1,7 (-50cm)	12,2	30,6	3,4
pF 2,0 (-100cm)	11,3	31,6	3,2

Waterretentioncurve



Hoewel onze werkzaamheden met grote zorgvuldigheid worden uitgevoerd, moeten wij het voorbehoud maken dat er geen aansprakelijkheid wordt aanvaard voor schade die voortvloeit uit eventuele onjuistheid van door ons uitgebrachte analyses en/of adviezen.

Bilaga 2



Postbus 48 | 3155 ZG | Maastrand | NLD

k43797
Kekkilä Oy
PL 22
FI-40101 Jyväskylä, Finland

BVB Research BV

Coldenhovenlaan 10
2678 PS | De Lier | NLD

T +31(0)174-535456
F +31(0)174-535451

research@bvb-substrates.nl
www.bvb-substrates.nl

BIC INGBNL2A
IBAN NL 54 INGB 065 96 61 128
KVK 24232449
BTW NLD008284659B01

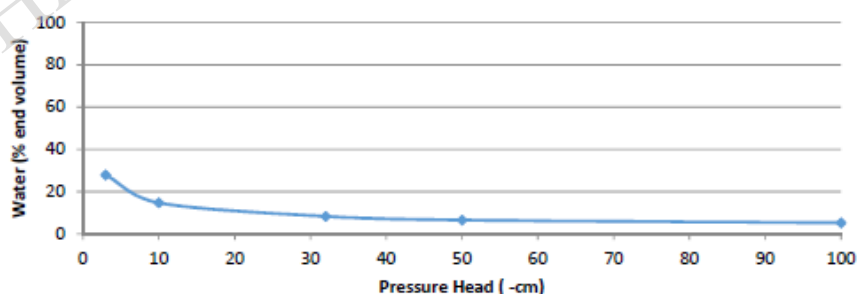
Report Date : 13-7-2020
Batchnumber : 0620Fc-3
Object : Citykross Skabersjö 2-6

Receive Date : 12-6-2020
Test Methode : Physical Methode

Moisture Content	4,9 %
Dry Bulk Density	1472 kg/m ³
Total Pore Space	43,5 %
Organic matter	2,5 % DM
Shrinkage value	0 %

	Water volume (%)	Air volume (%)	Water value (g water/ g OM)
pF 0,5 (-3,2cm)	27,9	15,6	7,7
pF 1,0 (-10cm)	14,7	28,8	4,1
pF 1,5 (-32cm)	8,3	35,2	2,3
pF 1,7 (-50cm)	6,5	37,0	1,9
pF 2,0 (-100cm)	5,2	38,3	1,5

Waterretentioncurve



Hoewel onze werkzaamheden met grote zorgvuldigheid worden uitgevoerd, moeten wij het voorbehoud maken dat er geen aansprakelijkheid wordt aanvaard voor schade die voortvloeit uit eventuele onjuistheid van door ons uitgebrachte analyses en/of adviezen.

Bilaga 3



Postbus 48 | 3155 ZG | Maastrand | NLD

k43797
Kekkilä Oy
PL 22
FI-40101 Jyväskylä, Finland

BVB Research BV

Coldenhovenlaan 10
2678 PS | De Liér | NLD

T +31(0)174-535456
F +31(0)174-535451

research@bvb-substrates.nl
www.bvb-substrates.nl

BIC INGBNL2A
IBAN NL 54 INGB 065 96 61 128
KVK 24232449
BTW NLD008284659B01

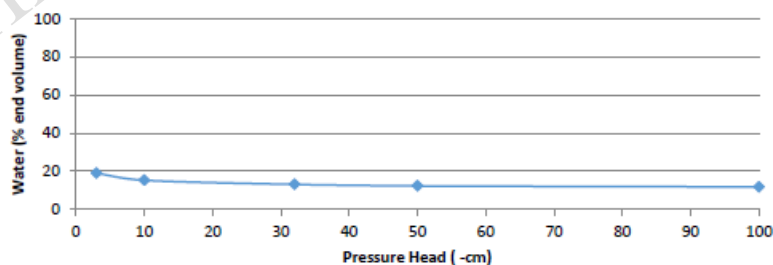
Report Date : 17-12-2021
Batchnumber : 1221Fa-1
Object : Citykross 2-6

Receive Date : 24-11-2021
Test Methode : Physical Methode

Moisture Content	13,6 %
Dry Bulk Density	1398 kg/m³
Total Pore Space	45,8 %
Organic matter	3,9 % DM
Shrinkage value	0 %

	Water volume (%)	Air volume (%)	Water value (g water/ g OM)
pF 0,5 (-3,2cm)	19,0	26,7	3,5
pF 1,0 (-10cm)	15,3	30,5	2,8
pF 1,5 (-32cm)	13,1	32,6	2,4
pF 1,7 (-50cm)	12,4	33,4	2,3
pF 2,0 (-100cm)	11,8	34,0	2,2

Waterretentioncurve



Hoewel onze werkzaamheden met grote zorgvuldigheid worden uitgevoerd, moeten wij het voorbehoud maken dat er geen aansprakelijkheid wordt aanvaard voor schade die voortvloeit uit eventuele onjuistheid van door ons uitgebrachte analyses en/of adviezen.

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Läs om SLU:s publiceringsavtal här:

- <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

☒ JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.