



Dagvattenrening vid Lärjeån – en förstudie

EMIL D'ELIA
FREDRIK DOMHAGEN
JOHANNA FRIDH
ANNA JANSSON
DANIEL KANGAS
STEPHANIE REGNÉR

Institutionen för Bygg- och miljöteknik
Avdelningen för Vatten miljö teknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2014
Kandidatarbete/rapport nr 2014:060

Sammanfattning

På uppdrag av *Göteborgs Stad Kretslopp och Vatten* har förslag på reningsmetoder och åtgärder presenterats och utretts för att förbättra kvalitén på det dagvatten som når Lärjeån från avrinningsområden L02, L03, L04, L05 och L06 i nordöstra Göteborg. Som grund till analysen har en utförlig litteraturstudie genomförts där vanliga reningsmetoder beskrivs med avseende på funktion och reningseffektivitet. Vidare analyserades behovet av rening för respektive avrinningsområden och förslag på åtgärder presenteras. De föreslagna åtgärderna som dominerar i de olika avrinningsområdena är dammar, diken och permeabla beläggningar. Detta beror främst på att dessa metoder är effektiva och i de flesta fall lätta att implementera. För att i bästa mån förbättra dagvattenkvaliten föreslås att aktuella föroreningshalter i dagvattnet samt gränsvärden för föroreningshalter i Lärjeån utreds, detta för att undvika att fel åtgärder prioriteras. Vidare fordras även grundligare utredningar gällande de juridiska och byggnadstekniska förutsättningarna för att implementera de olika föreslagna åtgärderna.

Abstract

This paper was carried out at the request of *Göteborgs Stad* to present suggestions of methods in stormwater treatment as well as other measures in order to improve the quality of stormwater reaching Lärjeån. Drainage areas in focus are L02, L03, L04, L05 and L06 situated in the north east of Gothenburg. The analysis was based on an extensive study of literature where common methods of stormwater treatment were described regarding function and purification efficiency. Furthermore, the need of treatment is determined for each area of drainage and suggestions of measures are presented. The suggested methods of treatment are primarily wet ponds, ditches and permeable paving, mainly due to the fact that these methods are effective as well as easy to implement. In order to improve the stormwater quality in the best possible way, further research in current contamination levels and limits in Lärjeån is necessary. However more profound research concerning legal and technical prerequisites is needed in order to implement the suggested methods of treatment.

Förord

Detta kandidatarbete har skrivits av sex civilingenjörsstudenter på Chalmers Tekniska Högskola under våren 2014. Fem av oss läser Väg och Vatten och en läser Bioteknik. Det har varit en fördel för arbetet att en student hade lite andra förkunskaper vilket gett oss ett bredare perspektiv på problemställningen. Kandidatarbetet motsvarar 15 högskolepoäng och är skrivet på uppdrag av *Göteborgs Stad Kretslopp och Vatten*.

Framförallt vill tack riktas till Emelie Alenius, *Göteborgs Stad Kretslopp och Vatten*, för hennes positiva attityd och tillmötesgående sätt. Även Annika Malm på Chalmers har varit ett stöd i arbetet och gett värdefull input som hjälpt till att föra arbetet framåt.

I rapporten nämns *dagvatten* 173 gånger, vi ber om ursäkt för detta.

Trevlig läsning!

Team Lärjeån

Innehållsförteckning

1. Inledning	1
1.1. Bakgrund	1
1.2. Syfte	2
1.3. Avgränsningar	2
1.4. Metod	3
2. Dagvatten	5
2.1. Föroreningar	6
2.1.1. Vanligt förekommande föroreningar i dagvatten	6
2.1.2. Modell över troliga mängder koppar och zink	7
2.2. Områdesinformation	7
3. Reningsmetoder	8
3.1. Våta dammar	8
3.1.1. Funktion	8
3.1.2. Reningseffekt	9
3.2. Sandfilter	10
3.2.1. Funktion	10
3.2.2. Reningseffekt	11
3.3. Avsättningsmagasin	11
3.3.1. Funktion	12
3.3.2. Reningseffekt	12
3.4. Filteranläggningar	12
3.4.1. Funktion	13
3.4.2. Reningseffekt	13
3.5. Biobäddar	13
3.5.1. Funktion	14
3.5.2. Reningseffekt	15
3.6. Översilningsytor och diken	16
3.6.1. Översilningsytors funktion	16
3.6.2. Dikens funktion	17
3.6.3. Reningseffekt	17
3.7. Lamellavskiljare	18
3.7.1. Funktion	18
3.7.2. Reningseffekt	19

3.8. Brunnsfilter	19
3.8.1. Funktion.....	19
3.8.2. Reningseffekt.....	20
3.9. Hydrocyklon.....	21
3.9.1. Funktion.....	21
3.9.2. Reningseffekt.....	21
3.10. Permeabla beläggningar.....	23
3.10.1. Funktion.....	24
3.10.2. Reningseffekt.....	25
4. Preventiva åtgärder	26
4.1. Vägar och trafik	26
4.1.1. Minska trafiken.....	26
4.1.2. Förbättra fordonen.....	26
4.1.3. Förbättra underhåll av väg och fordon	26
4.2. Fastigheter.....	27
4.2.1. Gröna tak/fasader	27
5. Sammanställning av valda reningslösningar	29
6. Fältanalyser och resultat	30
6.1. Rangordning av reningsmetoder	30
6.2. Avrinningsområdenas föroreningskällor	32
6.3. Analys av avrinningsområde L02	32
6.4. Analys av avrinningsområde L03	37
6.5. Analys av avrinningsområde L04	42
6.6. Analys av avrinningsområde L05	43
6.7. Analys av avrinningsområde L06	45
6.8. Berörda markägare.....	50
7. Beräknad reningseffektivitet	51
7.1. Prioriteringsordning av områden	52
8. Diskussion.....	53
9. Slutsats	55
Referenser	56
Bilaga 1: Tabeller och figurer från simulering utförd av DHI.....	60
Bilaga 2: Jordartskarta.....	64
Bilaga 3: Karta över L02.....	65

Bilaga 4: Karta över L03.....	66
Bilaga 5: Karta över L04.....	67
Bilaga 6: Karta över L05.....	68
Bilaga 7: Karta över L06.....	69
Bilaga 8: Beräkningar kring reningseffekt	70
Bilaga 9: Berörda markägare för föreslagna alternativ	73

1. Inledning

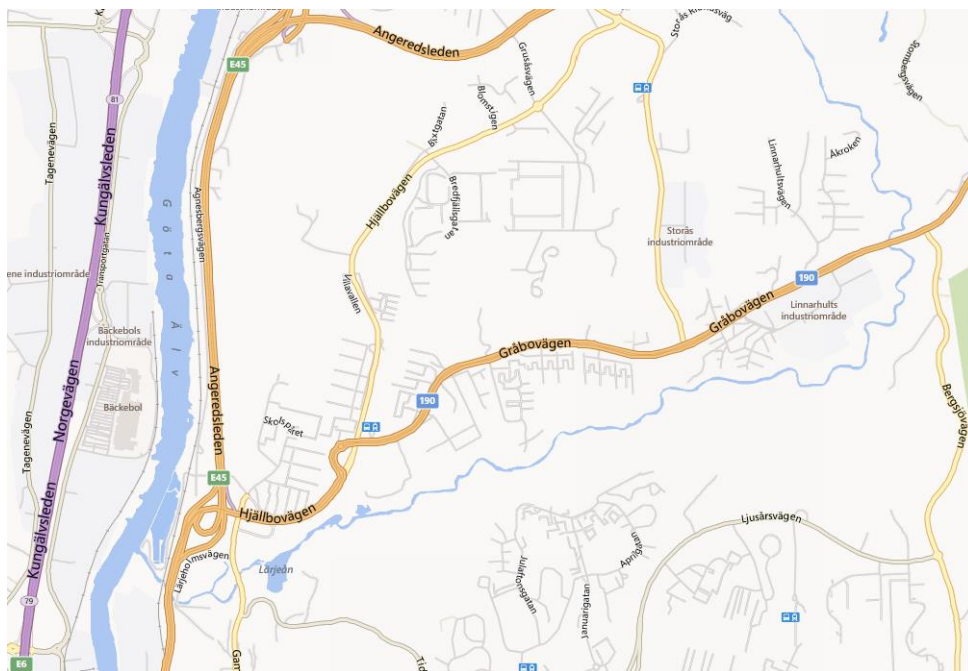
I takt med att urbaniseringen och miljömedvetenheten i samhället ökar ställs hårdare krav på omhändertagande och rening av dagvatten (Svenskt Vatten AB, 2011). Detta har lett fram till politiska beslut om att minska föroreningshalter i dagvatten som når sjöar och vattendrag.

1.1. Bakgrund

De riktlinjer och bestämmelser som rör dagvatten bestäms utifrån miljöbalken, som är en sammanställning av Sveriges miljölagstiftningar. I *Miljöbalken kapitel 1 1§* står: "Bestämmelserna i denna balk syftar till att främja en hållbar utveckling som innebär att nuvarande och kommande generationer tillförsäkras en hälsosam och god miljö. En sådan utveckling bygger på insikten att naturen har ett skyddsvärde och att människans rätt att förändra och bruka naturen är förenad med ett ansvar att förvalta naturen väl" (Miljödepartementet, 1998). Vidare står som en punkt i samma paragraf att "Miljöbalken skall tillämpas så att människors hälsa och miljön skyddas mot skador och olägenheter oavsett om dessa orsakas av föroreningar eller annan påverkan."

I *Göteborgs Stads* miljömål ingår att öka behandling av kraftigt förorenat dagvatten i avseende att skydda djur- och naturliv (Göteborgs Stad - Göteborg Vatten, 2011). För att möta stadens miljömål har *Göteborgs Stad* föreslagit att dagvattnet till Lärjeån ska renas.

Lärjeån är en å som sträcker sig från Gråbo i öster till Lärjeholm i väster där den har sitt utlopp i Göta älv, se Figur 1.1. Namnet Lärjeån betyder "den leriga ån" och den lerfyllda dalgången, som en gång varit botten på en stor havsfjord, har en historia med många jordskred (Göteborgs Stad - Park och natur, 2012). Lärjeåns dalgång har med sin natursköna miljö och sina vandringsleder blivit en tillflyktsort för både människor och djur.



Figur 1.1. Nedre delen av Lärjeån. (Bing Kartor)

Ån är nödvattentäkt till *Göteborgs Stad* och är klassad som en skyddsvärd och känslig recipient (Länstyrelsen Västra Götalands län, 2005). Området ingår även i ett *Natura 2000*-projekt. *Natura 2000* är ett EU-nätverk vars mål är att säkerställa en långsiktig överlevnad av Europas mest värdefulla och hotade arter och miljöer (Europeiska Unionen, 1992). Om åtgärder ska implementeras inom *Natura 2000*-området måste dessa godkännas av *Länsstyrelsen*.

Lärjeån ligger nära flera bebyggda områden och i dagsläget avleds kraftigt förorenat dagvatten från hårdgjorda ytor direkt till ån (*Göteborgs Stad*, 2011). Föroreningar från dessa urbana områden kan få stor inverkan på växt- och djurliv. Lärjeån är idag hem för många ovanliga arter som riskerar att hotas av en försämrad vattenkvalité. Därför finns intresse från *Göteborgs Stad* att behandla och förbättra reningen av dagvattnet som leds ut i Lärjeån (Länstyrelsen Västra Götalands län, 2005).

I nuläget finns inga riktlinjer uppsatta av *Göteborgs Stad* för vilka behandlingsmetoder som är mest lämpade för att nå angivna mål om att rena dagvattnet till Lärjeån. På uppdrag av *Göteborgs Stad* ska denna rapport ge förslag på olika metoder för att rena dagvatten från hårdgjorda ytor. Området som studeras innefattar fem avrinningsområden belägna norr om ån, namngivna L02, L03, L04, L05 och L06. Karaktären på det specificerade området varierar kraftigt i både vegetation och bebyggelse.

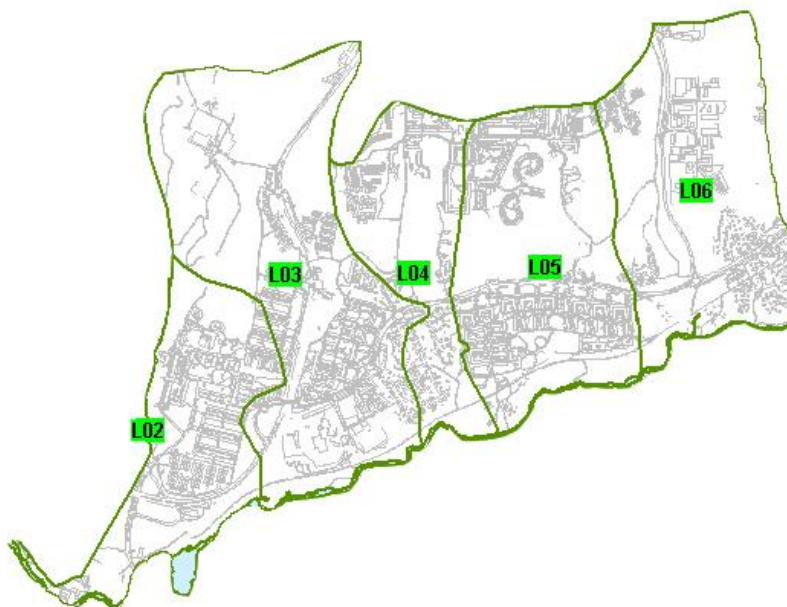
1.2. Syfte

Syftet med rapporten är att ge förslag på reningsmetoder och åtgärder som kan implementeras för att förbättra kvalitén på det dagvatten som når Lärjeån från avrinningsområdena L02, L03, L04, L05 och L06. I syftet ingår även att bedöma vilka avrinningsområden som bör prioriteras med avseende på föroreningsgrad.

1.3. Avgränsningar

I arbetet kommer rening av dagvatten att behandlas, men inte flödesreglering. I de fall där reningslösningarna innefattar flödesreglering ses detta som en fördel för respektive lösning. Fokus kommer ligga på partikelbundna föroreningar som till exempel tungmetaller eftersom de utgör en stor del av föroreningarna från urbana miljöer (Wennberg, 2012). Föroreningarna kväve och fosfor tillkommer främst uppströms längs Lärjeån vilket gör att dessa anses mindre prioriterade inom detta område¹. Avrinningsområdena som behandlas är L02, L03, L04, L05 och L06, se Figur 1.2. Där L02 står för område 2 vid Lärjeån. Dessa områden har valts ut av *Göteborgs Stad* och utgörs till stor del av hårdgjorda ytor som vägar och parkeringar¹.

¹ Emelie Alenius (Projektledare Avloppsprojektenheten, Utveckling och projektavdelningen, Kretslopp och vatten, Göteborgs Stad) 2014-01-31



Figur 1.2 Tillrinningsområdena L02, L03, L04, L05 och L06 (Wennberg, 2012).

På 70-talet testades i Sverige många tekniska lösningar för att fördröja dagvattenavrinning (Svenskt Vatten AB, 2011). På vissa håll resulterade detta i ogenomtänkta lösningar, exempelvis uppstod enligt *Svenskt Vatten* problem med översvämning i samband med perkolationsmagasin i täta jordar. Baserat på detta samt att området domineras av lerjordar (se Bilaga 2) anses det vara olämpligt att föreslå lösningar som, likt perkolationsmagasin, förlitar sig på djupinfiltration. Därför kommer sådana reningsalternativ inte att behandlas i rapporten.

1.4. Metod

Nedan beskrivs den metod som användes för att ta fram lämpliga reningsalternativ till de avsedda avrinningsområdena. Metoden är uppdelad i en litteraturstudie, fältundersökning och analys.

Arbetet inleddes med en omfattande litteraturstudie där de idag vanligaste reningsmetoderna identifierades och beskrevs. Urvalet av vilka reningsmetoder som ingick i litteraturstudien gjordes utifrån rapporten *Platsbesparande Befintliga Reningssystem för Dagvatten* av Larm (1999), i vilken ett antal dagvattenreningssystem presenteras. De valda reningsmetoderna studerades sedan med avseende på funktion, effektivitet och särskilda egenskaper. I litteraturstudien ingick även att föreslå och beskriva några vanliga preventiva åtgärder.

Nästa steg i metoden var att enskilt utreda varje avrinningsområde genom en fältundersökning. Som grund till detta användes kartor över ledningsnät och terräng. De kartor och den information som presenterats över ledningsnät samt ägare och förvaltare av fastigheter har godkänts av projektledare på Avloppsprojektenheten, Utveckling och projektavdelningen, Kretslopp och Vatten. Då denna information till viss del är konfidentiell har kartornas källa inte refererats till. Utöver kartstudier undersöktes även de valda områdena okulärt. Fältundersökningen utfördes för att få en bild av terrängens utformning samt dagvattenledningars och utsläppskällornas placering. Dessa undersökningar resulterade i kvalitativa bedömningar över vilka metoder som skulle kunna anläggas.

I analysen valdes endast de reningsmetoder som ansågs vara relevanta för respektive avrinningsområde. Urvalet gjordes med fältundersökningen som bakgrund, samt efter konsultation med projektledare på *Avloppsprojektenheten, Utveckling och projektavdelningen, Kretslopp och Vatten*. Således valdes metoder som inte ansågs lämpliga bort utifrån kriterierna: storlek, ineffektivitet, byggnadsrestriktioner eller övriga särskilda specifikationer.

Utvalda reningsmetoder jämfördes och rangordnades inbördes utifrån fältundersökningen i kombination med litteraturstudien. Först delades reningsmetoderna in efter användningsområdena *Hela dagvattensystemet, Vid vägar och parkeringar* samt *På hårdgjorda ytor* där reningsmetoder inom samma användningsområde jämfördes och rangordnades inbördes. Med samma avrinningsområde avses att lösningarna kan tillämpas på ett liknande sätt i dagvattensystemet. Rangordningen skedde genom att de olika reningsmetoderna tilldelades en siffra mellan 1 och 3, där de metoder som kallats rang 1 ansågs vara mest lämpliga för det studerade området. Graden av lämplighet bestämdes genom en sammanvägning av utrymmeskrav, reningseffektivitet och kostnad, men även hur beprövade metoderna är. Resultatet presenterades sedan i en tabell och kombinerades ihop till olika reningsalternativ.

Det gjordes även enklare beräkningar över uppskattad reningseffekt av de föreslagna reningsalternativen. Som bakgrund till beräkningarna låg tidigare utförda datorsimuleringar över det aktuella området samt data över de olika reningsmetodernas reningseffektivitet, som presenterats i Kapitel 3.

Nackdelar med metoden är att mindre vanliga reningsmetoder inte nödvändigtvis utvärderas, även då de kan vara både mer lämpliga och mer effektiva. Metoden har inte jämförts med andra metoder som använts i liknande studier. Det är därför möjligt att andra metoder kan anses mer lämpliga.

2. Dagvatten

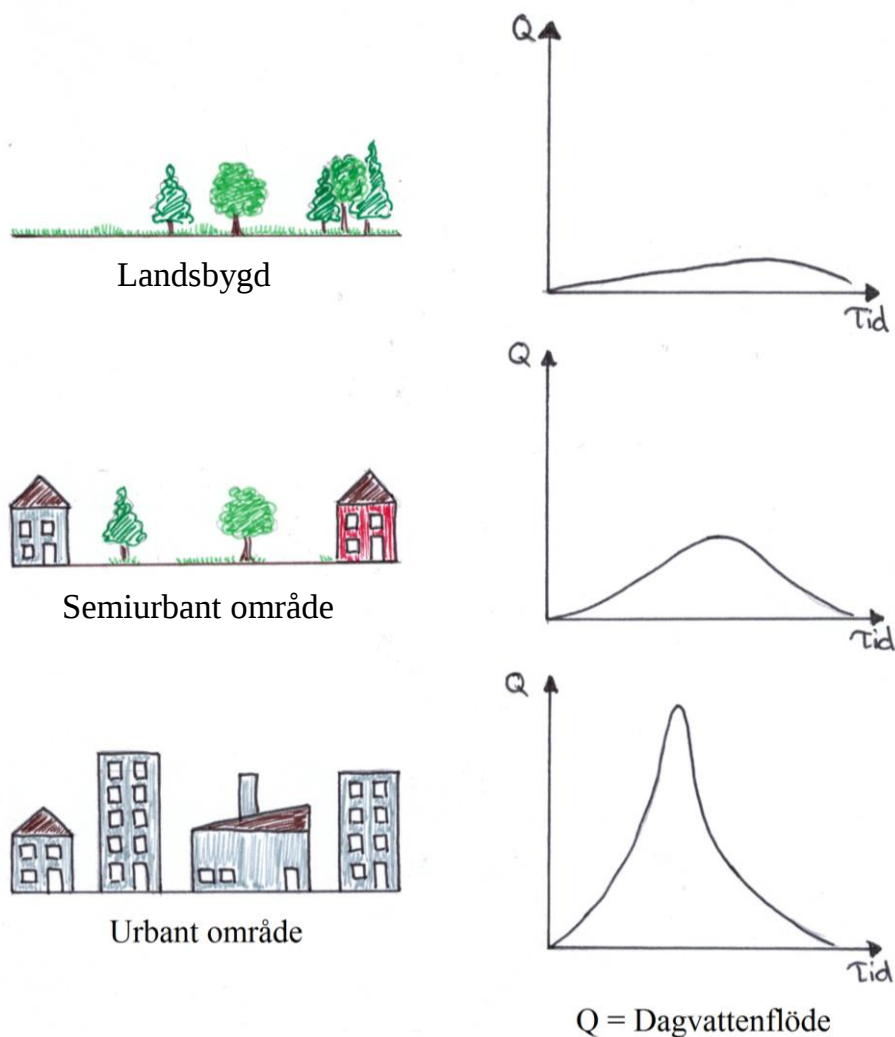
Urbanisering kring naturskyddade områden ökar kraftigt. Allt fler hårdgjorda ytor minskar den naturliga infiltrationen i marken och ökar därmed mängden dagvatten. Dagvatten är en benämning på regn- och smältvatten som inte infiltreras ner i marken (Nygren, 2010). Urbaniseringen för även med sig förhöjda föroreningsmängder från bland annat trafik och korroderande metallytor (Svenskt Vatten AB, 2011). De förhöjda dagvattenflödena påverkar även den naturliga erosionen och sedimentationen i vattendrag. För att skydda natur och miljö ställs därför högre krav på rening av dagvattnet.

Under perioder utan regn ackumuleras föroreningar på hårdgjorda ytor (Stenstrom, 2005). När regn faller på ytorna transporteras föroreningarna med vattnet. Ytorna som regnet faller på kommer därmed successivt att rensas från dessa föroreningar. Resultatet blir att det vatten som faller först kommer ha högre föroreningshalter än efterkommande dagvatten. Detta fenomen kallas i litteraturen "first flush" och används vid dimensionering av reningsanläggningar för dagvatten (Bertrand-Krajewski et al., 1998; Stenstrom, 2005; Bach et al., 2010). Det anses extra viktigt att ta hand om det första flödet just eftersom det ofta innehåller en stor del av föroreningarna.

För mikroorganismer och djur som utsätts för de stötvis höga föroreningskoncentrationer likt de som inträffar vid "first flush", samt som utsätts för höga föroreningskoncentrationer över en längre tid ökar sannolikheten för att de tar upp tungmetaller enligt Norbeck². Organismernas ökade upptag av metaller kan i sin tur leda till oönskad oxidativ stress. Detta innebär att organismerna bryter ner eller skadar sina egna celler till en sådan grad att de inte längre klarar av att upprätthålla sin livsnödvändiga energiförsörjning (Persson, 2009). Därför kan en bra strategi för att minska påverkan från föroreningar på natur och miljö vara att kapa koncentrationstopparna och utjämna dagvattenflöden för att mer efterlikna naturens förlopp (Butler, 2010) se Figur 2.1. Detta kan göras genom ökad infiltration på urbana ytor exempelvis med hjälp av gröna tak och genomsläppliga beläggningar eller genom fördröjning av dagvattnet i till exempel diken, dammar och dagvattenmagasin.

Att reducera utsläppen genom att angripa källorna är att föredra, men detta är inte alltid möjligt då källor som trafik kan vara svåra att direkt begränsa (Backström, 2013). Det bör dock nämnas att effektiv rening av dagvatten från flera föroreningskällor inom ett avrinningsområde, i exempelvis en damm, kan anses som ett gott reningsalternativ trots att dammen ligger långt ifrån källan. Detta eftersom det då tillämpas en förhållandevis enkel och naturlig metod, som kan ta hand om samtliga föroreningar. Vid ett alternativ som kräver så pass stort anläggningsarbete är det mer motiverbart att ha en lite större uppsamlingsdamm än flera små närmare källan.

² Joakim Norbeck (Associate professor, Chalmers University of Technology) intervjuad av Stephanie Regnér den 26 februari 2014.



Figur 2.1. I figuren är avrinningshastigheten plottad mot tiden för de tre generaliserade områdena landsbygd, semi-urbant område och urbant område (Författarnas illustration).

2.1. Föroreningar

Nedan beskrivs vanligt förekommande föroreningar i dagvatten från semiurbana områden. Avrinningsområdena inom valt studieområde består i huvudsak av tak, bebyggt område, parkeringar, skogsmark, väg över 10 000 fordon per dygn, som benämns årsdygnstrafik (ÅDT), samt väg under 10 000 ÅDT (VA-Verket, 2001).

2.1.1. Vanligt förekommande föroreningar i dagvatten

Metaller tillförs dagvattnet dels från punktkällor så som industrier och avfallsdeponier, men de kan också spridas från mer diffusa källor så som färger och korroderande metalltytor (VA-Verket, 2001). Enligt VA-verket sprids även stora mängder via luften där 70 % av den totala luftdepositionen kommer från utlandet. Partikelbundna föroreningar och olja är vanligt förekommande föroreningar i dagvatten från trafikerade ytor. En förteckning över dessa dagvattenföroreningar och deras källor presenteras i Tabell 2.1.

Tabell 2.1. Tabellen beskriver vanligt förekommande föroreningar i dagvatten samt deras källor (VA-verket, 2001).

Förorening	Källa
Bly, (Pb)	Fogar, balansvikter i däck
Koppar, (Cu)	Koppardetaljer på byggnader och fordon (bromsbelägg).
Zink, (Zn)	Korrosionsskydd för stål (tak, fasader, räcken, lyktstolpar) personbilar, däck.
Kadmium, (Cd)	Förorening i zink samt spårämne i t ex fossila bränslen och cement.
Nickel, (Ni)	Rostfritt stål, oljeeldning.
Krom, (Cr)	Exponerat rostfritt stål och impregnerat virke.
Olja	Fordonsutsläpp, förbränning
Suspenderat material	Bildäck, asfalt, minerogent stoft

2.1.2. Modell över troliga mängder koppar och zink

Tidigare har en utredning gällande föroreningsmängder från dagvattnet i området utförts (Wennberg, 2012). Utredningen baseras på beräkningar gjorda i simuleringsprogrammet MIKE URBAN CS med en tilläggsmodul kallad Storm Water Quality, SWQ. Från simuleringen hämtas information gällande föroreningsmängder, dagvattenmängder och ytanvändning. Denna information presenteras i tabeller och figurer i Bilaga 1. Utöver kväve och fosfor observerades i simuleringen betydande mängder zink och koppar, där parkering samt väg med ÅTD över 10 000 gav störst belastning per hektar.

2.2. Områdesinformation

Det specificerade området kan beskrivas som en semiurban miljö, vilket betyder att där finns både hårdgjorda ytor, men även stora naturliga grönområden. Därtill varierar det specificerade området i både vegetation och bebyggelse. Detaljerad information om respektive avrinningsområde presenteras i analysen i Kapitel 6.

Området kring Lärjeån har delats in i olika avrinningsområden som numrerats efter *Göteborg Stad: Kretslopp och Vattens* ledningsdatabas. Denna indelning kommer att användas för de olika avrinningsområdena i området också i denna rapport. De avrinningsområdena som studerats i denna förstudie är områdena L02, L03, L04, L05 och L06 som visas i Figur 1.2.

Kartor med geologisk information har hämtats från Sveriges Geologiska Undersökning, SGU. Lärjeåns dalgång är till största del lerfylld men det finns även en del berg på vissa ställen. Detta framgår i Bilaga 2, den jordartskarta som hämtats från SGU.

3. Reningsmetoder

I detta kapitel presenteras flera olika metoder för rening av dagvatten. Området kring Lärjeån varierar med avseende på anläggningsförutsättningar och typ av utsläppskällor. Av denna anledning presenteras ett brett urval av möjliga lösningar.

För varje reningsmetod ges en kort beskrivning innehållande utformning, reningseffektivitet och fördelar respektive nackdelar. I Kapitel 5 finns sedan en sammanfattande tabell för alla reningsmetoder med en sammanställning av de olika metodernas fördelar och nackdelar.

3.1. Våta dammar

Ett väl använt sätt att omhänderta avrinning av dagvatten är genom olika typer av dammar. Reningsmetoden bygger på att dagvatten leds till dammen som utjämnar flödet och renar vattnet genom sedimentation innan det leds till vidare recipienten (Karlsson, 2012). Enligt *Svenskt Vatten* faller våta dammar inom ramen för hållbar dagvattenhantering (Svenskt Vatten AB, 2011).

3.1.1. Funktion

Våta dammar betecknar dammar med permanent vattenyta. Dessa skapas genom att botten består av ett tätt material, vanligtvis lera, som hindrar vattnet från att infiltrera ner i marken (Louhi, 2005). Vattnet i dammen renas genom sedimentering, växtupptag och nedbrytning med hjälp av bakterier och andra mikroorganismer.

En fördel med dammar är att de kan utgöra naturliga habitat för djur och växter i en urban miljö (Larm et al., 1999), se Figur 3.1. För effektiv rening bör dammens area motsvara ca 1 % av hårdgjord yta i området, men Larm menar att en damm kan bli ett naturligt tillägg i området och bidra positivt för både människor och djur. Anläggning av en våt damm kan ske i områden som är svåra att använda till något annat meningsfullt, till exempel en gräsyta nära en väg, eller så kan dammen integreras i en park och då få både dagvattenrening men även ett trivsamt område.

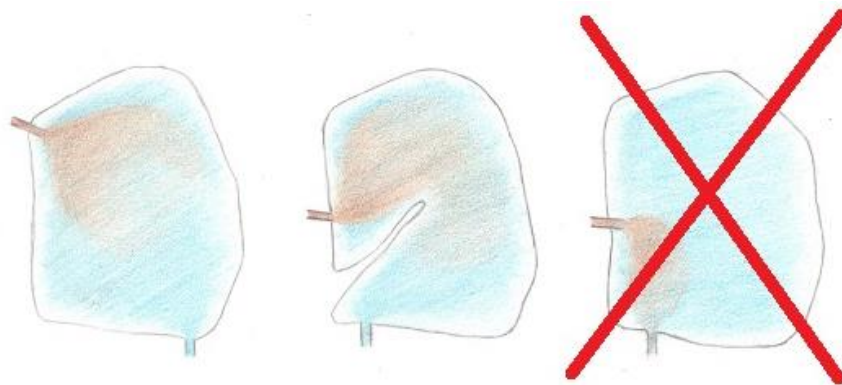


Figur 3.1. Exempel på våt damm för dagvattenrening (Författarnas fotografi).

Ett möjligt problem med dammar är underhållet. Det krävs måttligt underhåll i form av att avlägsna skräp samt att kontrollera att vegetationen inte växer sig för tät. Enligt Larm krävs borttagning av

sedimentet inte lika ofta som underhåll, normalt en gång i intervallet två till fem år men ibland mer sällan. Dammen måste placeras så att det lätt går att nå den och att avlägsna sediment. Våta dammar är en metod som även kan utnyttjas i kallare klimat men reningseffekterna avtar generellt ju kallare det är.

Dammar är bra vid stora vattenmängder och passar bra för avrinningsområden med en storlek på 4 till 260 hektar (Larm et al., 1999). Stor volym på dammen är nödvändigt för att uppnå en lång uppehållstid och därmed bättre sedimentering (Karlsson, 2012). För att dagvattendammar ska ha önskad reningseffekt bör inlopp och utlopp placeras så att vattnet får lång uppehållstid och låg vattenhastighet samt att hela dammens volym utnyttjas, se Figur 3.2.



Figur 3.2. Placering av inlopp/utlopp, två första bilderna visar exempel på bra utformning medan bilden till höger visar exempel på dålig utformning (Författarnas illustration).

3.1.2. Reningseffekt

Våta dammars reningseffektivitet beror på faktorer som reningsprocesser (sedimentation, växtupptag och nedbrytning), vattenomsättning och strömningsförhållanden men även dammens storlek (Louhi, 2005). Om dammen utformas rätt kan den ge hög avskiljning av föroreningar. Den viktigaste reningsprocessen är sedimentationen då stora delar av föroreningarna är partikelbundna. Upp till ca 60 % av föroreningarna renas genom sedimentering (Larm et al., 1999). Men reningseffekten beror mycket på utformningen och hur väl dammen är konstruerad, som beskrivs i kapitlet innan samt i Figur 3.2. Enligt Larm avskiljs tungmetaller till mellan 50-80 %, men våta dammar är även bra på att rena t.ex. fosfor (50 %), kväve (35 %) och lösta ämnen (40-80 %).

Fördelar

- Kan utgöra ett naturligt habitat för djur och växter i den urbana miljön.
- Förskönande.
- Går att forma lite hur man vill, bara uppehållstiden är tillräcklig.
- Kan utnyttjas i kallare klimat.

Nackdelar

- Utrymmeskrävande, minst 1 % av hårdgjord yta.
- Kräver måttligt underhåll.
- Ska kunna nås med lastbil för att ta bort slam, lättillgänglig.
- Ger slamavfall som måste tas omhand.

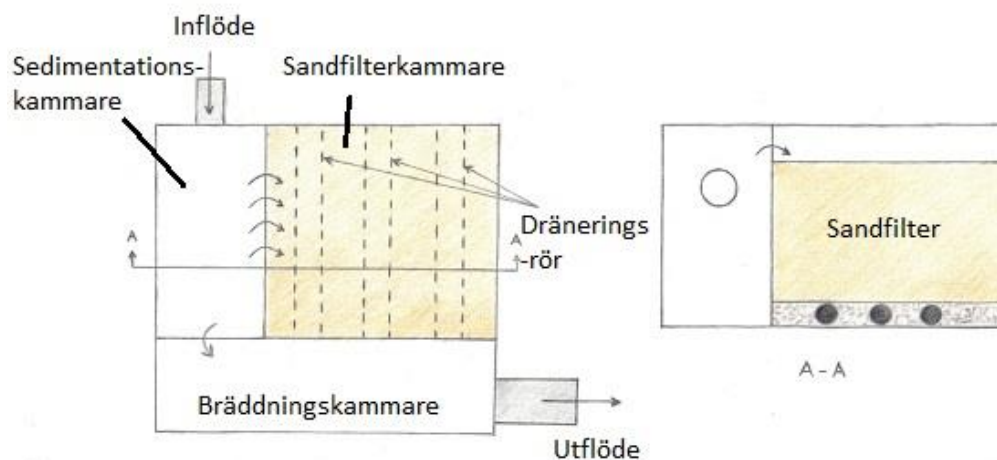
3.2. Sandfilter

Filtrering genom sand har länge utnyttjats för att förbättra vattenkvalité. Metoden har använts i årtionden inom både dricksvattenproduktion och avloppsrening i stora delar av världen (Center for Watershed Protection, 1994). Sandfilter har visat sig vara ett ekonomisk och effektivt alternativ för att avlägsna föroreningar.

Under tidigt 80-tal banade staden Austin i Texas, USA, vägen för användningen av sandfilter för rening av dagvatten. Sedan dess har sandfiltersystem visat sig vara effektiva på att avlägsna vanliga föroreningar i dagvatten (United States Environmental Protection Agency EPA, 1999). Tillsammans med torv-sandfilter och kompostfilter ökar de i popularitet i USA och på andra platser runt om i världen, mest i urbana områden där deras ringa utrymmeskrav och möjlighet att anläggas under mark utnyttjas (Kandasamy et al., 2008).

3.2.1. Funktion

Sandfiltersystem består normalt av två eller tre kammare (United States Environmental Protection Agency EPA, 1999). Den första av dessa kammare är en sedimentationskammare där ytliga föroreningar separeras och tyngre partiklar sedimenterar. Den andra kammaren innehåller ett sandfilter. Hit leds vattnet över en fördämning för att sedan filtrera genom sanden där ytterligare föroreningar avlägsnas. Tredje kammaren kan vara en tömningskammare eller bräddningskammare. Figur 3.3. visar en föreslagen layout på ett sandfiltersystem med en bräddningskammare.



Figur 3.3. Sandfilter - schematisk bild. (Författarnas illustration)

Alla filtersystem måste tillåta åtkomst för inspektion och underhåll (United States Environmental Protection Agency EPA, 1999). Enligt EPA bör sandfilter inspekteras regelbundet och efter kraftigare regn, och underhåll genom borttagning av skräp och avskrapning av sandlagren bör ske med maximalt sex månaders mellanrum.

Att anlägga sandfilter kan vara dyrt, dock minskar kostnaden per hektar avrinningsområde ju större avrinningsområdet är (Center for Watershed Protection, 1994). Kostnaden för underhåll är i genomsnitt fem procent av anläggningskostnaden, men påverkas av kvalitén på underhållsarbetet (United States Environmental Protection Agency EPA, 1999).

3.2.2. Reningseffekt

Sandfilter har varierande reningseffekt. Studier av fyra sandfilter i Austin, Texas, visar på hög borttagning av suspenderat material men mer varierat resultat gällande metaller (Center for Watershed Protection, 1994), se Tabell 1. Liknande resultat från sandfilter i Delaware visar på hög borttagning av suspenderat material och varierande resultat på tungmetaller, koppar 22 % till 31 % och zink 33 % till 91 % (Center for Watershed Protection, 1995). EPA menar att sandfilter är bra på att avlägsna sediment, biologiskt nedbrytbart material och bakterier, medan reningen av metaller är medelmåttig och rening av näringsämnen är låg (United States Environmental Protection Agency EPA, 1999).

Reningseffekten på metaller kan förbättras genom inblandning av torv i sanden (United States Environmental Protection Agency EPA, 1999). Denna modifikation bygger enligt EPA på att torven ger ökad mikrobiell tillväxt, vilket ger bättre rening av metaller.

Tabell 3.1. Reningsresultat från fyra sandfilter i Austin, Texas (Center for Watershed Protection, 1994).

Förorening	Highwood	Barton Creek	Joleyville	Brodie Oaks
Suspenderat material	86 %	75 %	87 %	92 %
Koppar	33 %	34 %	60 %	84 %
Bly	71 %	88 %	81 %	89 %
Zink	49 %	82 %	80 %	91 %
Järn	63 %	67 %	86 %	84 %

Fördelar

- Tar lite yta i anspråk.
- Högre rening av metaller kan åstadkommas genom inblandning av torv.

Nackdelar

- Regelbundet underhåll behövs för önskad funktion.
- Anläggningskostnaderna per hektar avrinningsområde kan vara höga.
- Reningen av tungmetaller anses medelmåttig utan tillsats av torv.

3.3. Avsättningsmagasin

Metoden att rena dagvatten med avsättningsmagasin används idag på flera ställen runt om i Sverige. Exempel på detta är avsättningsmagasinet Ryska Smällen i Stockholm samt i anslutning till flera bilvägsvägbroar (Nilsson, 2013). Magasinen byggs ofta under jord och konstrueras som rörmagasin, bergrumsmagasin eller platsgjuten betonganläggning. Detta är den främsta anledningen till att anläggningskostnaderna blir relativt höga, där 7000 kr/m³ kan ses som ett schablonvärde (Larm et al., 1999).

3.3.1. Funktion

Dagvatten leds in i magasinet där hastigheten kraftigt minskar vilket medför att partikelbundna föroreningar sedimenterar (Nilsson, 2013). Vattnets uppehållstid i magasinet påverkar kraftigt reningsgraden, en uppehållstid på 36 timmar rekommenderas till exempel för avsättningsmagasinet Ryska Smällen (Aldheimer, 2004).

Utloppsflödet för det renade vattnet regleras normalt antingen med en flödesregulator eller genom att begränsa utloppets rördimension. Utloppet för det renade vattnet placeras en bit ovanför magasinets botten för att på så vis undvika att släppa igenom sedimenterat slam. För att undvika att inströmmande vatten river upp slam från botten förses inloppet med en ränna som fördelar inkommande vatten (Nilsson, 2013).

Magasinets storlek beror på områdets regnintensitet samt avrinningsytans storlek.

Avsättningsmagasinet Ryska Smällen är dimensionerad för 15 mm regn på en avrinningsyta på 7300 m² och magasinet har en volym på 110 m³ (Aldheimer, 2004). Magasinets storlek bidrar även till utjämning av vattenflöden i ledningsnäten vilket medför att mindre rördimensioner kan användas (Nilsson, 2013).

Vid behov töms magasinet på det miljöfarliga slam som ackumuleras i botten. För anläggningen Ryska smällen görs detta med slamsug och slammet dumpas sedan på soptipp (Aldheimer, 2004).

3.3.2. Reningseffekt

Reningseffekter på 60-76 % för metaller samt 84 % för suspenderat material har uppmäts för avsättningsmagasinet Ryska Smällen (Aldheimer, 2004). Fällningskemikalier som järnsalt och aluminium kan dock tillsättas för att förbättra sedimentation av mindre partiklar, vilket höjer reningseffekten (Rawicki, 2013). Däremot renas, enligt Rawicki, endast suspenderat material och inte lösta föroreningar. Avsättningsmagasin kan även kompletteras med oljeavskiljare (Larm et al., 1999).

Fördelar

- Utjämnar vattenflöden vilket leder till att mindre rördimensioner nedströms kan användas.
- Renar effektivt suspenderade substanser.

Nackdelar

- Kräver mycket utrymme. Detta kan dock kompenseras genom att bygga magasinet under mark.
- Renar i regel inte lösta föroreningar.
- Höga anläggningskostnader, enligt schablonvärden 7000kr/m³.
- Producerar miljöfarligt slam som måste omhändertas.

3.4. Filteranläggningar

Filteranläggningar är ett reningssystem som bygger på filtrering av dagvattnet. Anläggningen kan anpassas efter de krav som ställs på dagvattenkvaliteten. Det finns en mängd olika tillverkare men nedan tas mycket data från undersökningar av Aqua-Filter från AquaShield™s samt StormFilter från Contech Engineered Solutions som båda är beprövade och godkända dagvattenreningssystem av *New Jersey Department of Environmental Protection (NJDEP)* (State of New Jersey, 2013).

3.4.1. Funktion

Dagvattnet kommer först in i en kammare där större partiklar kan sedimentera och en del lättare partiklar kan separeras. Sedan kommer vattnet in i filterkammaren där det tvingas genom filtret. Olika filtermaterial används för att rena bort olika föroreningar. Perlit, ett vulkaniskt glasmineral, är det rekommenderade filtermaterialet för flertalet av de filteranläggningarna som finns på marknaden (New Jersey, 2011). Andra material som kan användas är torv, aktivt kol, blad kompost med mera (Larm et al., 1999).

Filteranläggningarna måste underhållas regelbundet för att kunna säkerställa en effektiv rening. Under det första året ska regelbundna kontroller göras med tätare mellanrum, omkring tre månader, för att få en uppfattning av underhållsbehovet varpå en platsspecifik underhållsplan kan utformas. Underhållsintervallet brukar variera mellan ett till tre år men tätare inspektioner rekommenderas till exempel efter kraftiga regn för att säkerställa fortsatt effektiv rening (Contech Engineered Solution, 2014; New Jersey, 2011). Efter ett till tre år har filtermaterialet mättats och måste bytas, det läggs då på deponi alternativt bränns.

En filteranläggning från Contech Engineered Solution klarar av flöden cirka tio gånger större än en damm i samma storlek (Larm et al., 1999). Anläggningskostnaderna blir lätt stora då anläggningen med fördel placeras underjord, placeras den ovanjord krävs pumpar för att få upp vattnet.

3.4.2. Reningseffekt

Med ett perlitfilter har de vanligaste systemen en reningseffektivitet på över 80 % gällande suspenderat material (State of New Jersey, 2013). Vidare finns undersökningar som visar att torvfilter kan åstadkomma reningseffekter gällande lösta metaller på 91-98 % och att denna reningseffekt kan bibehållas trots kalla klimat (Kalmykova et al., 2008).

Fördelar

- Kan placeras underjord.
- Välbeprövat system.
- Kan anpassas efter de reningskrav som ställs.

Nackdelar

- Kräver kontinuerligt underhåll.
- Stor investeringskostnad.

3.5. Biobäddar

Ett steg mot att förbättra de biologiska livsmiljöerna i vattendrag vid urbana miljöer är att använda biobäddar. Biobäddar är en reningsmetod där dagvatten infiltreras och renas från föroreningar genom ett växtbaserat filtermaterial innan det leds ut i recipienten (Melbourne Water, 2005). Biobäddar har viss förmåga att fördröja vattenflöden samtidigt som dess utformning är naturestetiskt tilltalande. Enligt Melbourne Water kan biobäddar delas in i två huvudgrupper: biobassänger och biodiken. Biobäddar skiljer sig från vanliga dammar och diken genom att bäddarna medvetet strukturerats och designas på ett sätt så att de så effektivt som möjligt ska kunna fånga upp och kvarhålla föroreningar (Blecken, 2010).

3.5.1. Funktion

En typisk biobädd består av ett filter i flera olika skikt som täcks av ett växtbeklätt lager (Melbourne Water, 2005). När dagvattnet sedan passerar genom filtret renas det från föroreningar, som till exempel tungmetaller, för att sedan transporteras ut till recipienten. Biobassängerna kan likt dammar även bidra till att minska dagvattenflöden.

Filtermaterialet i en biobädd består vanligtvis av ett vegetationslager samt tre olika typer av filterlager (Melbourne Water, 2005). Materialen i biofiltrets olika lager kan variera beroende på det aktuella avrinningsområdets omgivning och klimat.

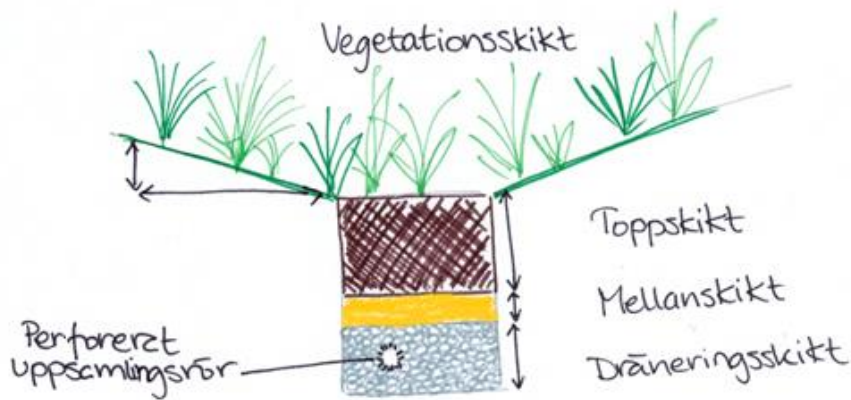
Vegetationsskiktet på toppen av biobädden består av växter anpassade till det aktuella områdets klimat. I Sverige har det artrika starrsläktet *Carex*, tillhörande familjen halvgräs, (Nationalencyklopedin, 2014) visat sig passande i biobäddar eftersom de trivs i fuktiga miljöer (Blecken et al., 2009a; Muthanna et al., 2007). Växternas rötter bidrar till att bryta upp jorden vilket förebygger igensättning av biofiltret samt att det förhindrar erosion (Melbourne Water, 2005).

Biobäddarnas uppbyggnad och innehåll kan delas in i tre olika skikt som var och ett kommer att beskrivas mer ingående nedan. En bild som visar de olika skikten i ett biobäddsdike i genomskärning kan ses i Figur 3.4.

Toppskiktet består främst av finkornig sand innehållandes silt, men även av en fin lergrusjord (Blecken, 2010).

Mellanskiktet, också kallat övergångsskiktet, består oftast av fin sand eller geotextilväv vars maskstorlek motsvarar sandens porstorlek (Blecken, 2010). Blecken hävdar att detta är av vikt för att förhindra att föroreningar som inte tagits upp i det översta skiktet följer med det filtrerade dagvattnet ner till bottenlagret och vidare ut till recipienten.

Vidare säger Blecken att bottenlagret bör bestå av ett dräneringsskikt som innehåller grus eller grov sand. Dräneringsskiktet omger ett perforerat rör som transporterar det filtrerade dagvattnet ut till recipienten (Melbourne Water, 2005).



Figur 3.4. Figuren visar de olika skikten i ett biobäddsdike. Vanligtvis består en biobädd av ett vegetationslager och tre olika typer av filterlager (Författarnas illustration).

Partikelbundna föroreningar och metaller stannar i första hand i toppskiktet genom sedimentering (Blecken, 2010). Däremot stannar lösta föroreningar och metaller både i vegetationsskiktet och längre ner i toppskiktet genom olika biologiska och geokemiska processer. Enligt Bleckens rapport saknas fortfarande mycket kunskap inom biobädd-området. Därför är det svårt att säga exakt vilka processer som äger rum då detta beror på de sammansättningarna av de olika föroreningarna, samt förhållandena i filtret så som temperatur, pH, biologiskaktivitet, växtlighet med mera.

Förutsättningar

Ytvidden för en biobäddsbassäng är vanligen mellan 2-5 % av det aktuella upptagningsområdet från närliggande urbana områden (Melbourne Water, 2005). Enligt Melbourne Water behöver biobäddar, både biobassänger och biodiken, kontinuerlig inspektion och kräver underhållsarbete för att kunna fungera optimalt. Underhållet sker genom att ackumulerat sediment, skräp, skadliga växter och ogräs tas bort samt att nya växter planteras (Blecken, 2010). Detta betyder att biobäddarna måste bytas ut inom ett tidsintervall på 5 till 25 år. Därtill får biobäddars yta inte bli nertrampad eftersom detta kan förstöra bäddarnas filtreringsförmåga och således påverka dess funktion (Melbourne Water, 2005).

Biobäddar har tagits fram som en reningslösning utan att hänsyn tagits till hur lösningen fungerar i och påverkas av kalla klimat där både temperatur och nederbörd varierar kraftigt under året (Blecken, 2010). Därför är det mycket svårt att säga hur de fysiska, biologiska och kemiska processer som sker i biobäddar påverkas av ojämn temperatur och varierande nederbördsmängder. Blecken belyser också att okunskapen gör det svårt att jämföra biobäddars reningseffekt med dammar och diken, ty många av de studier som gjorts på filtermaterialet i biobäddar inte har tagit hänsyn till temperaturer lägre än 2°C.

3.5.2. Reningseffekt

Biobäddars reningseffekt sträcker sig från 65 % till 90 % för partikelbundna föroreningar (Blecken et al., 2011). Biobäddar har även förmågan att rena dagvatten från lösta metaller och föroreningar då dessa bioackumuleras i vegetationsskiktet och i det översta toppskiktet bestående av växtmaterial och mikroorganismer (Morrison, 1989).

Flera av de laborations- och pilotförsök som Blecken gjort visar på att det framförallt är vid kontinuerlig tillförsel av dagvatten till biobäddarna som reningen av partikelbundna metaller visat sig kunna uppgå till 90 %. Dock har samma studier även visat att oregelbundna torr och regnperioder har en negativ inverkan på biofiltrens metallupptagningsförmåga (Blecken et al., 2009b). I de fall då biofiltren helt torrlagts under tre till fyra veckor har biofiltrens upptagningsförmåga av metaller minskat anmärkningsvärt. Eftersom dagvattenavrinning sker med varierad frekvens, mängd och varaktighet, är det av värde att fortsätta undersöka oregelbundna torr- och regnperioders effekt på biofilter.

Fördelar

- Förskönande
- Hög rening av både partikelbundna och lösta metaller.
- Fungerande biobäddar är en långsiktig och hållbar lösning utifrån ett miljöperspektiv.

Nackdelar

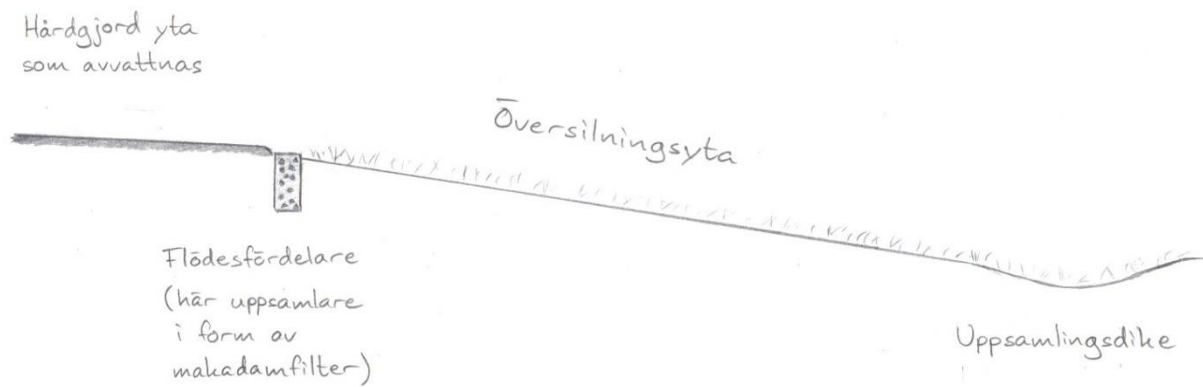
- Biobäddarnas reningseffekt påverkas negativt av längre torrperioder.
- Tar stor yta i anspråk. Ytvidden för en biobassäng är vanligen mellan 2-5 % av det aktuella upptagningsområdet.
- Regelbundet underhållsarbete behövs för att bibehålla biobäddarnas funktion.
- Biobäddarna bör inte beträdas eftersom detta kan förstöra filterlagren i biobäddarna.

3.6. Översilningsytor och diken

Översilningsytor och diken förknippas ofta med hållbar dagvattenhantering och ingår normalt i system för att fördröja avrinning i strävan att mer efterlikna naturens förlopp (Svenskt Vatten AB, 2011). Reningsmetoderna är enkla och billiga att anlägga och underhålla. De kan även ha positiv estetisk inverkan och minska dagvattenbelastningen genom infiltration, avdunstning och växtupptag (Davis, 2005). Lokala förhållanden såsom jordens infiltrationskapacitet påverkar dimensioneringen av dessa lösningar.

3.6.1. Översilningsytors funktion

En översilningsyta är en svagt lutande beväxt yta som renar vatten genom sedimentation, silning, växtupptag och infiltration. Det är fördelaktigt att fördela dagvattenflödet över så stor yta som möjligt (Lindvall, 2008). Detta kan lösas med till exempel en makadambädd som samlar upp vattnet, vilket sedan sprids över översilningsytan när vattennivån i utjämnaren når över kanten på översilningsytan, se Figur 3.5. Vid nedre delen av en översilningsyta anläggs normalt ett uppsamlingsdike som fångar upp vatten som inte infiltrerat, evaporerat eller tagits upp av växterna.



Figur 3.5. Principskiss av en översilningsyta.

Låg vattenhastighet är nödvändigt för att öka möjligheterna till sedimentation, växtupptag och infiltrering samt för att undvika erosion (Lindvall, 2008). För att hålla nere hastigheten rekommenderar Lindvall 2-5 % lutning och tät vegetation.

Översilningsytor anläggs ofta högt upp i avrinningssystem nära källorna till dagvattnet (Lindvall, 2008). Enligt Lindvall byggs inte översilningsytor för att hantera höga flöden och heller inte för att magasinera vatten, varför de ofta kompletteras av magasinering lösningar.

Översilningsytor är normalt ungefär lika stora som de hårdgjorda ytor som dagvattnet kommer från (Clayton et al., 1996). Hur stor översilningsyta som behövs för rening beror av jordens infiltrationskapacitet och en jord med lägre infiltrationskapacitet kan kompenseras av en längre infiltrerande sträcka (Lindvall, 2008).

3.6.2. Dikens funktion

Vegetationsbeklädda diken kan användas istället för ett underjordiskt ledningssystem för att leda dagvatten. I diken ges chans för avdunstning, växtupptag, sedimentation och infiltrering (Lindvall, 2008). Utrymmeskraven för diken är cirka 10-20 % av avrinningsområdets hårdgjorda ytor (Clayton et al., 1996).

3.6.3. Reningseffekt

I genomsnitt har översilningsytor och diken uppvisat reningshalter på 50-80 % av suspenderat material (Erickson et al., 2013) och torra diken uppvisar i regel högre reningseffekt än våta diken (Winer, 2000). Studier har även visat att översilningsytor är effektiva gällande rening av petroleumvätekarbonater (Yonge, 2000). För översilningsytor finns dock risk att höga flöden orsakar sedimenterat material att åter följa med vattnet (Lindvall, 2008).

Fördelar

- Billiga.
- Förskönande.
- Lite underhåll.
- Bra rening av petroleumvätekarbonater.
- Minskar belastning på dagvattensystem.

Nackdelar

- Utrymmeskrävande.
- Risk att ackumulerat material transporteras vidare vid höga flöden.
- Lokala jordförhållanden kan försämra infiltrationen och därmed funktionen för översilningsytor och diken.

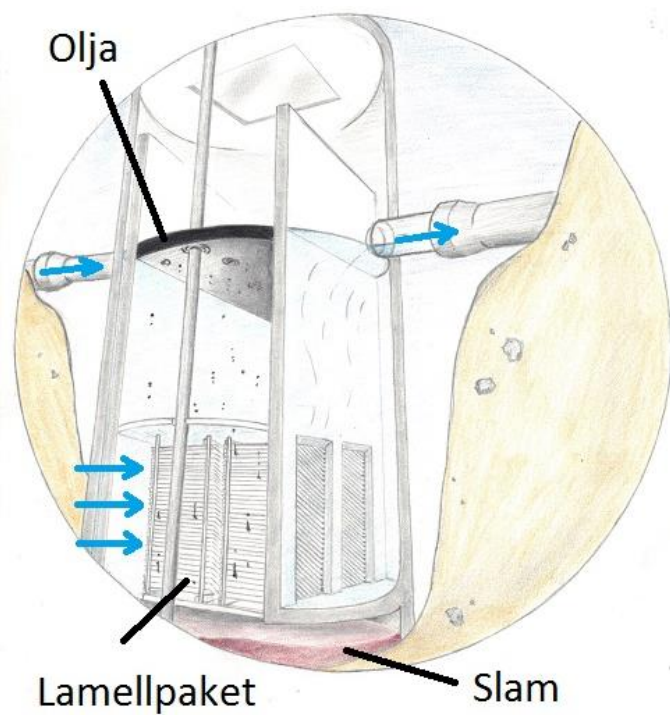
3.7. Lamellavskiljare

Lamellavskiljare används främst för att avskilja olja, bensin och andra lättare vätskor (Naturvårdsverket, 2007). De är mest lämpade för vatten med hög oljehalt eller som förebyggande åtgärd mot läckage från exempelvis trafikolyckor (Hinnemo, 2013).

3.7.1. Funktion

Det finns flera olika modeller av lamellavskiljare som alla har olika utseende och funktion, men där grundprincipen är densamma. Principen bygger på att de vätskor som önskas avlägsnas har lägre densitet än vatten och vill därför stiga upp till ytan. Lamellavskiljare kan även till viss del avskilja suspenderat material genom att låta det sedimentera till botten och sedan avlägsnas (Naturvårdsverket, 2007).

Ett exempel på hur en lamellavskiljare kan se ut visas i Figur 3.6. Parallella skivor (lameller) ökar den tillgängliga sedimentationsytan (Hinnemo, 2013). Tyngre partiklar krockar med dessa lameller och sjunker till botten medan oljan samlas ihop till större droppar och på så sätt stiger till ytan mycket fortare än i en avskiljare utan lameller.



Figur 3.6. Principbild över en lamellavskiljare. Blå pilar visar vattnets väg genom avskiljaren (Författarnas illustration).

Lamellavskiljare är relativt kostnadseffektiva men en nackdel är att de inte är lämpade för att rena dagvatten från stora ytor (Gatu- och fastighetskontoret et al., u.å.). Anläggningen får även minskad

effektivitet vid höga vattenflöden då oljan och de suspenderade materialet inte hinner separeras från vattnet.

Den här reningsmetoden är bäst lämpad att använda i kombination med till exempel en damm eller ett utjämningsmagasin (Gatu- och fastighetskontoret et al., u.å.). Studier visar att högst avskiljning inte sker vid högst flöde vilket innebär att vattenflödet bör dämpas innan det når lamellavskiljaren. Gatu- och fastighetskontoret anger att lamellavskiljare som används vid större avrinningsytor än en hektar behöver kombineras med till exempel en damm för att kunna rena vattnet effektivt.

3.7.2. Reningseffekt

Hur effektiv reningen är beror på lokala förhållanden (Larm et al., 1999). Flödesutjämning innan avskiljning ger högre effekt och de olika modellerna har visat olika resultat på reningseffekten. Larm skriver att reningseffekten är mellan 30-50 % för olja och fett och cirka 10-50 % för tungmetaller.

Fördelar

- Litet utrymmesbehov.
- Kostnadseffektivt.
- Renar vatten från petroleumvätekarbonater.
- Bra metod att kombinera ihop med andra reningsmetoder.

Nackdelar

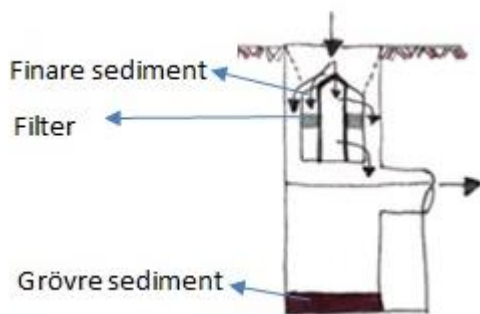
- Kräver lågt vattenflöde.
- Vid större avrinningsyta än en hektar krävs kombination med annan reningsmetod.
- Måste underhållas och tömmas ofta för att upprätthålla reningseffekten.
- Låg reningseffekt på suspenderat material.

3.8. Brunnsfilter

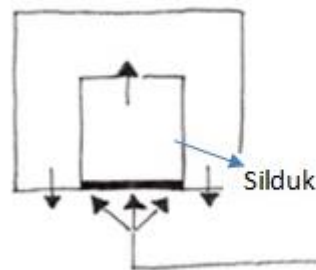
Det finns två huvudkategorier för brunnsfilter. Dels filter med ett absorberande material (se Figur 3.7) och dels silande filter, se Figur 3.8. (Larm et al., 1999). Filter med absorberande material är de mest beprövade för dagvatten, men silande filter är under utveckling enligt Larm.

3.8.1. Funktion

Brunnsfilter monteras som insatser i vanliga gatubrunnar (Larm et al., 1999). Det finns en mängd olika modeller på marknaden, men de flesta har någon del som avskiljer större saker som löv och grova partiklar och sedan ett filter som absorberar diverse föroreningar däribland tungmetallerna koppar och zink (Larm et al., 1999).



Figur 3.7. Exempel på hur ett absorberande brunnsfilter kan se ut (Författarnas illustration).



Figur 3.8. Exempel på brunnsfilter som renar med hjälp av silning. (Författarnas illustration).

I brunnsfilter med absorptionsmaterial kan filtret bestå av till exempel zeolit, barkfilter eller så kallad "oljebark" (Dromberg, 2009).

Silande brunnsfilter tar främst bort suspenderat material då mekanisk silning eller filtrering sker genom silduken (Larm et al., 1999). Dukens material kan vara exempelvis stål, polyamid eller polyester och vanligen sitter den fast på en roterande trumma. Maskvidden är 70-300 μm och 0-70 μm för en sil respektive en mikrosil.

Ett problem med de båda brunnsfiltertyperna är att de kräver underhåll eftersom de sätter igen förhållandevis fort (Larm et al., 1999). Tillsyn är viktigt så att igensatta brunnar inte leder till översvämning. Filtertilverkarna rekommenderar, enligt Larm, två till fyra byten per år. Det smutsiga filtret blir efter användning avfall som måste tas om hand. Placeras brunnsfilter på trafikerade vägar krävs att trafiken stoppas upp vid underhåll av filtren. Med bakgrund av detta implementeras vanligen brunnsfilter vid parkeringar (Larm et al., 1999).

3.8.2. Reningseffekt

Reningen av koppar och zink är förhållandevis hög för brunnsfilter med ett absorberande material (Dromberg, 2009). En studie med två provtagningsställen visar att barkfilter reducerade koppars med 50 %, men när filtermaterialet sedan analyserades visades det att 84 % av koppars hade absorberats på det ena stället och 92 % på det andra (Dromberg, 2009). Reningen av koppars kan alltså antas vara god.

För en sil kan 15-50 % suspenderat material avskiljas och för en mikrosil 0-95 % (Larm et al., 1999).

Fördelar

- Tar ingen extra plats, kan monteras direkt i befintliga brunnar.
- Förhållandevis enkel konstruktion.
- Tämligen billiga.

Nackdelar

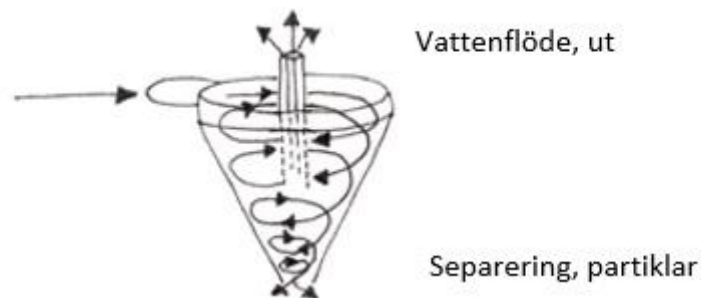
- Sätter igen relativt fort.
- Kräver underhåll vilket stoppar upp trafik.
- Smutsiga filter blir avfall som måste tas omhand.

3.9. Hydrocyklon

Hydrocykloner är en liten, ekonomisk och simpel reningsmetod som separerar partiklar från förorenat vatten genom att utnyttja vattnets flödes hastighet, partiklarnas tyngd och sidoaccelerationen som uppkommer vid en cirkulär strömning (Larm et al., 1999).

3.9.1. Funktion

En hydrocyklon är formad som en uppochnedvänd kon. Vattnet kommer in i hydrocyklonen tangentiellt i överkant av den uppochnedvända konen, se Figur 3.9. Resultatet av detta blir att en spiralformad strömning skapas i konen varpå suspenderat material pressas ut mot konens väggar. På grund av sin större tröghet, jämfört med vattnet, bromsas partiklarna och glider ner till botten av konen där en anslutande slambehållare eller ytterligare rening kan installeras (Jianghua et al., 2013). Inuti den spiralformade strömningen skapas ett naturligt uppsug som leder det renade vattnet vidare i systemet. Bottenhålet på konen är relativt litet, vilket medför att det är nödvändigt att ha någon form av gallerrening som separerar de allra grövsta partiklarna för att minimera risken för igentäppning (Larm et al., 1999).

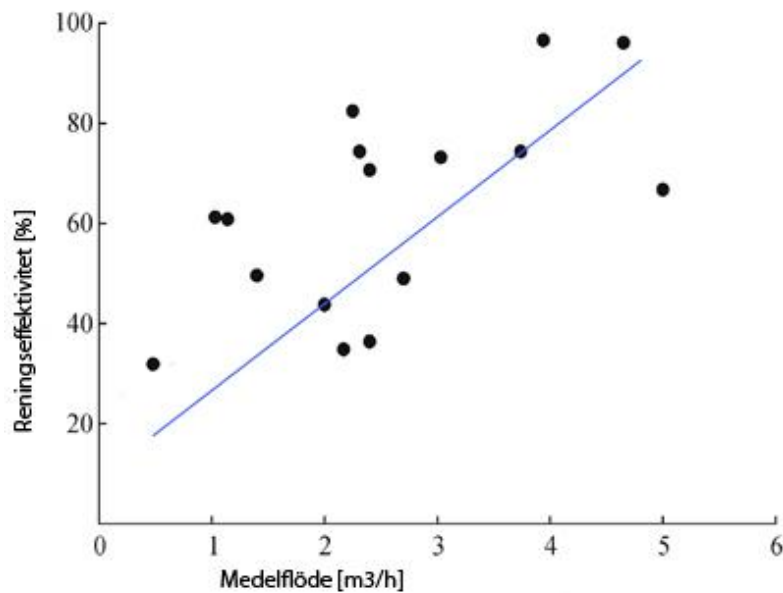


Figur 3.9. Schematisk bild över en hydrocyklon (Författarnas illustration).

3.9.2. Reningseffekt

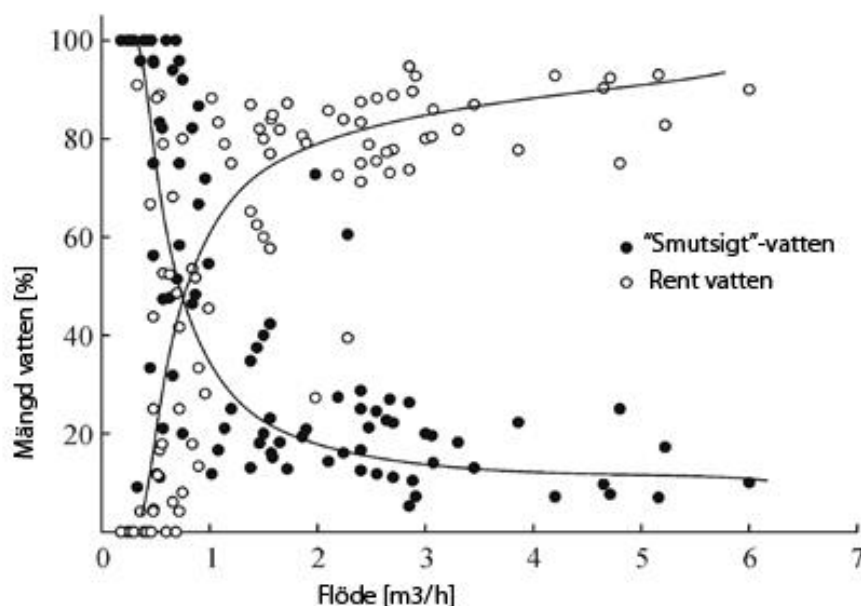
Effektiviteten är starkt kopplad till flödet som passerar genom hydrocyklonen (Jianghua et al., 2013). Hydrocyklonen som använts för följande diagram hade en största diameter på 7,5 cm och renade dagvatten från en bro med avrinningsytan 500 m².

Figur 3.10 visar hur reningseffektiviteten korrelerar med flödet. Effektiviteten skiljer sig alltså från 25 % till mer än 90 % beroende på flödet. Y-axeln i diagrammet hänvisar till reningen av alla suspenderade partiklar i vattnet.



Figur 3.10. Diagrammet visar sambandet mellan reningseffekten på suspenderade partiklar i relation till flödet (Jianghua, 2012).

Det renade vattnet som i Figur 3.11 markerats med vita cirklar kommer ut i överkant av konen och släppas ut direkt i recipienten. Vattnet som kommer ut ur konens spets har en förhöjd föroreningshalt och behöver ytterligare rening. Vid flöden på under 1 m³/h kommer alltså den testade hydrocyclonen ha mycket dålig reningseffektivitet då i princip allt inkommande vatten går direkt till efterreningen. Enligt Figur 3.11 kommer vid kraftiga flöden omkring 10 % av allt inkommande vatten ut ur konens spets och innehåller då ungefär 90 % av alla föroreningar. Siffror gällande reningseffektivitet kan dock vara missvisande eftersom de allra minsta partiklarna är de som har störst risk att inte separeras. Ju mindre en partikel är desto mer effektiv area per volym har den. Metaller tenderar dessutom att binda till de minsta partiklarna (Larm et al., 1999). Vid höga flöden överstiger reningseffekten 90 % och då avlägsnas även de mindre partiklarna (Jianghua et al., 2013).



Figur 3.11. Diagrammet visar relationen mellan inkommande flöde och fördelningen av rent och smutsigt vatten som kommer ut i över respektive underkan av konen (Jianghua, 2012).

Eftersom hydrocyklonen inte samlar det förorenade materialet och inte heller har några rörliga delar kräver den mycket lite underhåll. Detta i kombination med att den inte kräver något större förarbete gör den till ett ekonomiskt fördelaktigt alternativ (Water Plan Finland Oy, 2014).

Fördelar

- Liten installation.
- Lite eller inget underhåll.
- Ekonomiskt fördelaktigt.
- Kan minska vattenmängden som efterföljande rening behöver dimensioneras för att rena.

Nackdelar

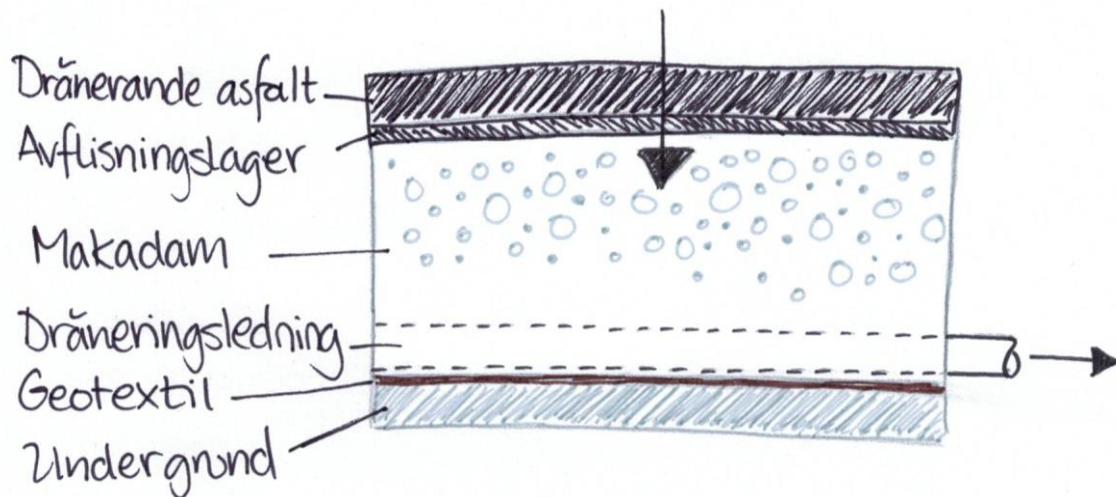
- Renar inte allt vatten, krävs alltså efterföljande rening.
- Osäkert hur hydrocyklonen fungerar i minusgrader.
- De allra minsta partiklarna riskerar att inte renas bort.

3.10. Permeabla beläggningar

Ett sätt att förhindra förorenat dagvatten från att nå en recipient är att använda permeabla beläggningar. Dessa anses vara en del i hållbar dagvattenhantering och kan anläggas istället för vanliga ogenomsläppliga asfalt- eller betongbeläggningar (Svenskt Vatten AB, 2011). Enligt *Svenskt Vatten* tillämpas redan lösningen på flera håll i Sverige, men samtidigt är reningsmetoden fortfarande under utveckling.

3.10.1. Funktion

Permeabla beläggningar finns både som permeabel asfalt och som marksten med hål eller fogar som släpper igenom vatten (Svenskt Vatten AB, 2011). Det som skiljer permeabel asfalt från vanlig asfalt är att det grovkorniga materialet är sorterat och det saknas småkornigt material att fylla upp tomrummen mellan det grovkorniga (Larm et al., 1999). Detta gör att porer bildas och asfalten blir genomsläpplig. Det porösa asfaltslagret vilar ovanpå en bädd av makadam och under ligger en geotextilduk, se Figur 3.12. Eftersom asfaltslagret är poröst kan dagvattnet förflyttas genom strukturen ner till makadammen innan det till slut leds bort till dagvattenledningsnätet med hjälp av dräneringsrör. Enligt Larm är det i makadamlagret som reningen av dagvattnet sker.



Figur 3.12. Permeabel asfalt i genomskärning (Författarnas illustration).

Istället för genomsläpplig asfalt kan exempelvis hålad marksten användas (Svenskt Vatten AB, 2011). Hålrummen i stenen kan förses med gräs eller makadam. *Svenskt Vatten* poängterar att om gräs används är det viktigt att nivån på detta håll under överkanten på stenen för att undvika sammanpressning av jorden, vilket kan leda till försämrade infiltrationsförmåga. I Figur 6.9 visas en bild på en parkering med genomsläpplig stenbeläggning.

Permeabla beläggningar kan ha magasinering förmåga genom lagringskapacitet i makadamlager under exempelvis parkeringsytor (Peterzén, 1997). När dagvattnet uppehålls i makadamlagret jämnas avrinningsflödet ut över tid och därmed kan ledningsdimensionerna minskas menar Peterzén. Vidare skriver Peterzén att när dagvattnet kan infiltreras genom beläggningen leder detta till att antalet dagvattenbrunnar kan minskas.

(Svenskt Vatten AB, 2011) identifierar att ett problem med permeabla beläggningar är att de riskerar igensättning. För hålad marksten innebär detta att materialet i hålrummen behöver bytas ut. Permeabel asfalt riskerar, vid igensättning av de genomsläppliga porerna, att helt tappa sin funktion och att byta hela ytan är mycket kostsamt (Ferguson, 2005). Enligt Ferguson kan måttligt trafikerade ytor, exempelvis parkeringsplatser, med lite underhåll fungera bra i 15-20 år. Hårt trafikerade ytor sätts däremot lätt igen så tidigt som efter fem till sex år av fina partiklar menar Ferguson. Det finns dock en viss tvetydighet då Ferguson även hävdar att det kan vara bra med hård trafik eftersom fordonen vid kraftiga regn kan hjälpa till med underhållet genom att trycka ner vatten i porerna och

på så sätt skölja bort de fina partiklarna. (Svenskt Vatten AB, 2011) menar att det är möjligt att återställa funktionen hos permeabel asfalt med hjälp av högtrycksspolning.

Permeabla beläggningar kan få problem i kallt klimat eftersom vatten i porer kan frysa, vilket begränsar genomsläppligheten (Ferguson, 2005).

Genom att vatten infiltreras i beläggningen minskar mängden vatten på den aktuella ytan vilket reducerar risken för vattenplaning (Larm et al., 1999).

3.10.2. Reningseffekt

Reningseffektiviteten för permeabel asfalt är enligt Larm cirka 50-90 %.

Fördelar

- Möjlighet till magasinering för förmåga.
- Minskar behovet av dagvattenbrunnar.
- Minskar risk för vattenplaning.

Nackdelar

- Problem med igensättning, vilket kräver underhåll som ibland blir kostsamt.
- Begränsad genomsläpplighet vid frysning.

4. Preventiva åtgärder

Som komplement till dagvattenreningen bör åtgärder för att minska såväl mängden dagvatten samt dess föroreningsgrad vidtas. Det mest effektiva och hållbara är att minska föroreningarna redan vid källan, innan det når recipienten (Stockholm stad, 2005). Därför är preventiva åtgärder väsentliga för att få mindre föroreningar och renare dagvatten.

Nedan delas åtgärderna upp efter vilken utsläppskälla de riktas mot.

4.1. Vägar och trafik

Vägar och fordon är stora källor till förorenat dagvatten (Wennberg, 2012). Föroreningarna kommer främst ifrån slitningar av vägarna, däck och bromsar (Miljö- och stadsbyggnadskontoret och Tekniska kontoret, 2001). Även spill och läckage från fordonet i form av olja och drivmedel bidrar med föroreningar som leds ner i vattendragen. Hur förorenat dagvattnet som kommer ifrån vägen är beror bland annat på trafiktyp, trafikbelastning och underhållsåtgärder. Detta betyder att det finns olika typer av preventiva åtgärder som kan tillämpas.

4.1.1. Minska trafiken

Genom att minska antalet bilar som åker på vägarna i området så minskas också slitaget av vägen och fordonet, följaktligen kommer föroreningshalten att minskas. Det finns olika strategier för att minska trafikbelastningen, främst genom att få människor att ändra sina vanor. Exempel på detta kan vara att förbättra kollektivtrafiken och uppmuntra fler människor till att åka kollektivt, samt att gå eller cykla istället för att ta bilen (Stockholm stad, 2002). Även åtgärder som trängselskatt kan påverka hur mycket folk använder bilen och därmed sänka trafikbelastningen.

4.1.2. Förbättra fordonen

En stor andel av föroreningarna från vägar kommer ifrån slitage från vägen och däcken (Palmnäs, 2011). Dubbdäck ökar slitaget på vägen då hälsofarliga partiklar från vägen rivs upp och spolas bort med regnet, speciellt då ingen snö ligger på vägbanan. En åtgärd för att minska slitaget är att förbjuda dubbdäck på fordonen. Alla däck sliter på vägen. Därtill slits däcken och släpper därmed partiklar, så genom att överlag förbättra kvalitén på däcken så kan föroreningshalten minskas.

4.1.3. Förbättra underhåll av väg och fordon

Genom att underhålla vägarna och fordonen så minskar föroreningarna. För vägarna handlar det om att sopa vägarna oftare för att få bort föroreningar innan de spolas iväg till vattendragen (Malmö Stad, 2008). Vägsalt är också ett problem då de lösliga kloriderna kan förorena dagvattnet, och då lösta föroreningar oftast är svårare att rena är detta en svår förorening att stoppa (Miljö- och stadsbyggnadskontoret och Tekniska kontoret, 2001). Genom att skotta vägarna bättre och upplysa trafikanter om väglaget så kan saltbehovet minskas, det går även att blanda in till exempel sand för att späda ut saltmängden.

Underhåll av bilen kan också minska föroreningarna. Det handlar främst om hur och var bilen tvättas. Att tvätta bilen på gatan eller på en asfalterad garageuppfart innebär att föroreningar på bilen så som oljerester och tungmetaller rinner rakt ut i dagvattnet (Miljö- och stadsbyggnadskontoret och Tekniska kontoret, 2001). Det bästa är om bilen tvättas vid en biltvätt som har eget reningssystem för tvättvatten. Alternativt kan den tvättas på grusplan eller liknande där vattnet kan infiltrera ner i

marken istället för att ledas ner i dagvattenssystemet. Genom att serva bilen ofta minskar risken för att läckage och andra komponenter så som rostiga bromsskivor kan upptäckas och åtgärdas i tid.

4.2. Fastigheter

Föroreningar från tak med obehandlad zink eller koppar är de allvarligaste metallföroreningarna från fastigheter (Stockholm stad, 2005). Med detta i åtanke bör koppertak och tak med obehandlad zink förbjudas för såväl nybyggnationer som aktuell bebyggelse. I de fall då koppertaken är skyddade av en lagstiftning eller är K-märkt kan koppertak accepteras men dagvattnet från dessa tak måste då renas.

Zink ingår ofta i olika metallegeringar och används också ibland som rostskydd. Det innebär att all metall som används i utsatta miljöer så som lyktstolpar, räcken och staket bör målas för att uppnå önskad beständighet istället för att använda obehandlade förzinkade material (Malmö Stad, 2008). Rostskyddsfärgen som används istället bör inte heller innehålla tungmetaller.

4.2.1. Gröna tak/fasader

Förutom att minska mängden föroreningar i dagvattnet är det också viktigt att reducera de negativa konsekvenserna av "first flush", vattnet i det första dagvattnet efter ett skyfall är ofta kraftigt förorenat. Genom att ha ett dagvattenssystem som kan magasinera en viss mängd vatten kan man reducera flödet som uppkommer vid "first flush" och därmed göra reningen av dagvattnet mer effektivt.

Gröna tak och fasader har goda magasinande effekter och kan reducera flödet som uppkommer vid början av ett regntillfälle. Ett tunt grönt tak som är 55mm tjockt väger ungefär 50 kg/m² varav 15 kg är bundet vatten (BG Byggros, 2014). Detta tak har en vattenretention på 50 % av årlig nederbörd vilket innebär att den totala dagvattenmängden minskar med 50 % från tak med denna beläggning. Utöver detta är gröna tak även bullerdämpande, isolerande, renar luft och anses av många vara estetiskt tilltalande (Schmitz-Günther, 2000).

Gröna tak bör inte ses som en åtgärd som minskar föroreningarna utan de ska främst ses som en kompletterande åtgärd som minskar effekterna av "first flush". Att reducera maxflödet i dagvattenssystemet är alltid eftersträvänsvärt (Göteborgs Stad - Göteborg Vatten, 2011).

När gröna ytor finns i anslutning till byggnader kan man istället tillämpa översilning på dessa likt exemplet som visas i Figur 4.1. Detta är i många fall en betydligt enklare lösning som också kan fungera som komplement eller substitut till ett grönt tak (Levander, 2005).



Figur 4.1 Exempel på användning av grönytor för infiltration av takdagvattnet med hjälp av stuprörsutkastare.
(Författarnas fotografi)

5. Sammanställning av valda reningslösningar

Då avrinningsområdena denna rapport studerat varierar i terräng och bebyggelse är det angeläget att utreda flera olika typer av reningsmetoder för att kunna välja en så bra reningsmetod som möjligt för respektive utsläppskälla eller utsläppspunkt. En sammanställning av de olika reningslösningarna som presenteras i Kapitel 3 visas i Tabell 5.1. I tabellen graderas de olika reningslösningarna utifrån kriterierna: *kan placeras under mark*, *låga installationskostnader*, *välbeprövat system*, *lite underhåll*, *inga problem med igensättning*, samt *hur lite plats lösningen tar i anspråk*. De sju valda kriterierna är en sammanställning utifrån de fördelar och nackdelar som presenterats för respektive reningsmetod i kapitel 3. Tabell 5.1 ligger till grund för fortsatta analyser.

Tabell 5.1. Tabellen visar en sammanställning av de undersökta reningsmetoderna. Metoderna har också graderats utifrån hur väl de uppfyller sju valda kriterier. Symbolen * betyder att det finns en lösning som har magasinerade förmåga, och en lösning som inte har magasinande förmåga.

Reningslösning	Gradering	Kan placeras under mark Välbeprövat system Magasinerande förmåga Låga installationskostnader Lite underhåll Inga problem med igensättning Tar liten plats i anspråk						
Våta dammar	Stämmer		X	X	X	X	X	
	Stämmer ej	X						X
Avsättningsmagasin	Stämmer	X	X	X		X	X	
	Stämmer ej				X			X
Filteranläggningar	Stämmer	X	X					X
	Stämmer ej			X	X	X	X	
Sandfilter	Stämmer	X	X					X
	Stämmer ej			X	X	X	X	
Översilningsytor och diken	Stämmer		X		X	X	X	
	Stämmer ej	X		X				X
Biobäddar	Stämmer			*		X	X	X
	Stämmer ej	X	X		X			
Permeabla beläggningar	Stämmer		X	X	X	X		X
	Stämmer ej	X					X	
Brunnsfilter	Stämmer	X			X			X
	Stämmer ej		X	X		X	X	
Lamellavskiljare	Stämmer	X	X		X			X
	Stämmer ej			X		X	X	
Hydrocykloner	Stämmer	X			X	X	X	X
	Stämmer ej		X	X				

6. Fältanalyser och resultat

Fältanalysen och rangordningen av reningsmetoder utfördes enligt metoden som beskrivs i kapitel 1.4. Utifrån fältanalysen och litteraturstudien som presenteras i Kapitel 3 har olika reningslösningar föreslagits. Dessa reningslösningar har i detta kapitel rangordnats utifrån kriterierna utrymmeskrav, reningseffektivitet, kostnad men även hur beprövad metoden är. Från gjorda analyser har därefter specifika reningsmetoder föreslagits för respektive avrinningsområde.

I Kapitel 7.1 jämförs avrinningsområdena med varandra för att skapa en prioriteringsordning för vilket område som bör åtgärdas först.

6.1. Rangordning av reningsmetoder

Reningsmetoderna delades in efter användningsområde. Därefter rangordnades reningsmetoder inom respektive användningsområde genom att tilldelas en siffra mellan 1 och 3, där de metoder som tilldelades 1 anses mest lämpliga för det studerade området enligt de kriterier som beskrivs i Kapitel 1.4. I Kapitel 5 finns även en sammanställning av alla reningsmetoder, se Tabell 5.1 där dessa kriterier tas upp och den tabellen ligger också till grund för indelningen nedan. Resultatet av rangordningen presenteras i Tabell 6.1. I tabellen finns även en kolumn som beskriver för vilken användningsområde varje reningsmetod kan tillämpas på.

Tabell 6.1. Rangordning av reningsmetoder utifrån kriterierna: utrymmeskrav, reningseffektivitet, kostnad men även hur beprövad metoden är. I tabellen finns även en kolumn som beskriver för vilken användningsområde varje metod kan tillämpas på.

Reningsmetoder	Rang	Användningsområde
Våta dammar	1	Hela dagvattensystemet: Lösningarna är kopplade till ledningsnätet och om dessa placeras långt ner i dagvattensystemet kan de, som enskild lösning, rena allt dagvatten i systemet.
Avsättningsmagasin	2	
Filteranläggningar	3	
Sandfilter	3	
Översilningsytor och diken	1	Vid vägar och parkeringar: Dessa lösningar placeras nära utsläppskällor såsom vägar och parkeringar.
Biobäddar	3	
Permeabla beläggningar	1	På hårdgjorda ytor: Dessa lösningar appliceras direkt på eller i direkt anslutning till utsläppskällan och tar ingen plats i anspråk.
Brunnsfilter	2	
Lamellavskiljare	3	
Hydrocykloner	3	

Prioriterade reningsmetoder

Som helhet är våta dammar både välbeprövade, kostnadseffektiva och kräver lite underhåll. Utifrån dessa tre kriterier anses våta dammar sammantaget vara den mest lämpliga lösningen för att rena uppsamlat vatten jämfört med avsättningsmagasin, sandfilter och filteranläggningar som alla kan tillämpas på liknande vis i dagvattenssystemet. Därtill kan våta dammar även bidra positivt till närmiljön i området. Avsättningsmagasin har rankats högre än sandfilter och filteranläggningar främst på grund av att avsättningsmagasin överlag kräver mindre underhåll än de andra två alternativen.

Vid vägar och parkeringar anses diken och översilningsytor mest lämpliga och har erhållit rang 1 i Tabell 6.1. Diken och översilningsytor föreslås då de anses vara lätta, billiga och välbeprövade reningsmetoder. Båda reningslösningarna kan anläggas och användas på platser som i vanliga fall är svåra att använda till något annat, en sådan plats kan till exempel vara mellan två befintliga vägar.

Permeabel beläggning anses vara den bästa lösningen på parkeringsytor i en jämförelse med brunnsfilter. Permeabla beläggningar bör anläggas i samband med att parkeringsplatser byggs eller renoveras. Omläggning av en parkeringsyta enbart för att anlägga en ny permeabel beläggning betraktas inte som försvarbart ur ett hållbarhetsperspektiv. Alternativt skulle brunnsfilter kunna användas på parkeringsytor, dock saknas tillförlitliga resultat på hur väl denna metod renar dagvatten. Jämfört med permeabla beläggningar kräver brunnsfilter mer underhåll då filtren behöver bytas flera gånger per år för att upprätthålla reningseffekten. Brunnsfilter anses således lämpliga i de fall då behovet av rening är akut och då en parkering inte bedöms vara i behov av omläggning, på grund av detta har brunnsfilter fått rang 2 i Tabell 6.1.

Bortvalda reningsmetoder

Biobäddar har valts bort då mycket av den forskning som finns över hur väl biobäddar renar dagvatten från suspenderat material enbart gjorts under kontrollerande klimatförhållanden på laboratorium och i pilotskala. Därför kan inte reningseffekten för biobäddar ute i fält säkerställas i jämförelse med exempelvis diken. Detta gör det svårt att säga hur mycket bättre biobäddar kan rena dagvatten jämfört med dammar och diken. Med detta som bakgrund anses det mindre motiverat för *Göteborgs Stad* att satsa pengar på att implementera biobäddar som reningsmetod när det finns både billigare och mer beprövade reningslösningar. Därför har inte biobäddar föreslagits som en reningslösning i förstudien.

Lamellavskiljare renar huvudsakligen olja och är därmed en lämplig lösning på platser där oljespill förekommer. De renar även suspenderat material, men i mindre utsträckning och är därför olämplig att föreslå för just rening av suspenderat material. I det undersökta området bedöms det inte finnas behov för den här typen av reningslösning. Med bakgrund av detta har lamellavskiljare som reningslösning valts bort.

Hydrocykloner kräver hög vattenhastighet för att den renande effekten ska vara optimal, och även när detta krav är uppfyllt är den renande effekten ifrågasatt speciellt på små partiklar och lösta föroreningar. Osäkerhet gällande reningseffekten och reningsmetodens speciella krav leder till att denna lösning anses sämre än övriga alternativ och reningslösningen har därför valts bort.

6.2. Avrinningsområdenas föroreningskällor

I de studerade avrinningsområdena finns flera källor till dagvattenföroreningar. Simuleringen som utfördes av DHI (se Bilaga 1) visar att de huvudsakliga mängderna koppar och zink i dagvattnet i det undersökta området i fallande ordning kommer från: bebyggt område, skogsmark, parkeringar, vägar under 10 000 ÅDT, vägar över 10 000 ÅDT och tak. Av dessa ytor klassas parkeringar, vägar och tak som hårdgjorda ytor. Enligt uppdraget från *Göteborgs Stad* skall endast dagvatten från hårdgjorda ytor behandlas och därmed tas ingen eller lite hänsyn till föroreningar från det som i simuleringen klassas som bebyggt område och skogsmark.

För de undersökta avrinningsområdena varierar enligt simuleringen andelen koppar och zink som kommer från tak mellan 3 % och 6 %. Denna ringa belastning från takytor är en anledning till att analysen fokuserar på föroreningar från andra hårdgjorda ytor så som parkeringar och vägar.

6.3. Analys av avrinningsområde L02

Norra delen av avrinningsområde L02 består till stor del av flerbostadshus omgivna av grönytor och skogsmark. I de sydvästra delarna domineras området av skogsmark och en del vägar där bland annat Hjällbovägen och Gamlestadsvägen korsas, se Bilaga 3: Karta över L02. I närheten av korsningen ligger även en bensinmack. Öster om Gamlestadsvägen nära gångvägen utmed Lärjeån finns ett våtmarksområde, se Bilaga 3. Ett fotografi av våtmarksområdet visas i Figur 6.1.



Figur 6.1. Våtmarksområdet nära Lärjeån sett från söder. (Författarnas fotografi)

Bensinmacken i området har redan oljeseparerande rening efter krav från *Göteborgs Stad*. Kompletterande rening dit anses därför inte nödvändig.

Väster om Gamlestadsvägen mellan Lärjeholmsvägen och Marieholmsleden finns en bokskog med vattensamlingar. Skogen är ett *Natura 2000*-område och alltså skyddsvärd. Åtgärder inom området

måste därför godkännas av *Länsstyrelsen* i Västra Götaland. Bokskogens plats och utsträckning kan ses i Bilaga 3 och ett fotografi från skogen visas i Figur 6.2.



Figur 6.2. Bokskogen sett från norr. Till höger i bilden syns Marieholmsleden. (Författarnas fotografi)

Söder om Lärjeholmsvägen finns ytterligare vattensamlingar som är sammanbundna med en av de i bokskogen. I nuläget leds en del dagvatten från Marieholmsleden till en av vattensamlingarna i bokskogen (en andra vattensamling som inte visas i Figur 6.2).

Ingen koppling mellan nämnda vattensamlingar och Lärjeån har kunnat observeras eller på annat sätt fastställas. Huruvida det finns en koppling eller inte kunde inte avgöras under den okulära besiktningen och bör undersökas vidare eftersom en sådan bedöms behövas om dessa vattensamlingar ska användas för rening av dagvatten. Både våtmarksområdet öster om Gamlestadsvägen och vattensamlingarna väster om Gamlestadsvägen bedöms som potentiella placeringar för reningsanläggningar. Utloppet från dagvattensystemet i L02 till Lärjeån sker i anslutning till bron där Gamlestadsvägen korsar Lärjeån (se Bilaga 3). Under Gamlestadsvägen i höjd med bokskogen och våtmarken ligger ledningen på cirka 4 meters djup enligt kartmaterial hos *Göteborgs Stad: Kretslopp och Vatten*.

I avrinningsområdet bedöms det redan finnas diken där det finns utrymme för detta. Dock är standarden för dessa diken i många fall inte tillfredställande. Problem som observerats är att vatten hindras från att komma ner i diken och istället rinner bredvid dessa på grund av skålförmad asfalt (se Figur 6.3), hjulspår (se Figur) samt vegetation och smuts som samlats vid väggkanten (se **Fel! ittar inte referenskälla.6.5**). Platser för respektive observation finns i Bilaga 3.



Figur 6.3. "Skålformad" asfalt gör att vattnet inte rinner ner i diket. (Författarnas fotografi)



Figur 6.4. Här föreslås ett bättre dike. I nuläget finns hjulspår i gräset som leder vatten bort från diket. (Författarnas fotografi)



Figur 6.5. För mycket gräs hindrar vattnet från vägen att rinna ner i diket. (Författarnas fotografi)

Möjliga åtgärder

Hela dagvattensystemet

Dammar eller våtmarker för behandling av dagvatten skulle kunna anläggas öster om Gamlestadsvägen nära gångvägen utmed Lärjeån där det redan finns en befintlig våtmark. Ytterligare en möjlig placering är väster om Gamlestadsvägen där redan befintliga vattensamlingar kan utnyttjas.

På hårdgjorda ytor

Permeabel beläggning föreslås till samtliga parkeringar i området då omläggning blir aktuell. Brunnsfilter är endast aktuellt för de parkeringar där beläggningarna bedöms ha god status i kombination med att ingen annan reningsmetod implementeras i området.

Vid vägar och parkeringar

Åtgärder som föreslås är att skrapa rent diken och se till att de är lägre än väggkanten samt att ta bort skålförmad asfalt som kan hindra dagvattnet från att nå diken, se Figurer 6.3-6.5.

Resultat

I Tabell 6.2 nedan presenteras resultatet av analysen för L02.

Tabell 6.2. Rangordning på rekommenderade lösningsalternativ för avrinningsområde L02. Alternativ 1 anses vara bäst.

Lösningsalternativ	Lösning(ar)	Kommentar
1	Förbättra diken + Damm	Dammsystem med utgångspunkt i bokskogen.
2	Förbättra diken + Damm	Damm i våtmarksområdet.
3	Förbättra diken + Permeabla beläggningar + Brunnsfilter	Permeabla beläggningar på öppna parkeringar och brunnsfilter i parkeringshus.

Diskussion

Förbättring av befintliga diken tas med i alla alternativ eftersom det är en simpel åtgärd och troligtvis ett billigt ingrepp. En damm nära utloppspunkten renar allt vatten i ledningssystemet. Det anses då onödigt att rena vattnet längre upp i systemet. Att förbättring av diken tas med beror på att de bedöms vara en enkel åtgärd och minskar belastningen på en eventuell damm både gällande föroreningshalt och flödesmängd.

Ett dammsystem med utgångspunkt i bokskogen anses vara det bästa av de alternativ som renar vatten från hela dagvattensystemet i avrinningsområde L02. Detta för att det redan finns vattensamlingar dit dagvatten från vägar leds och anslutningen till dagvattensystemet förefaller rimlig. Det främsta problemet med detta alternativ bedöms vara begränsningar av anläggningsmöjligheter i bokskogen eftersom detta är ett *Natura 2000*-område.

Som alternativ två står anläggning av damm i våtmarksområdet öster om Gamlestadsvägen. Detta alternativ anses mer problematiskt än föregående främst på grund av höjdskillnader. Mellan Gamlestadsvägen, under vilken dagvattenledningen ligger, och våtmarksområdet finns en höjd, vilken gör att anläggning av ledningar blir mer omfattande. Mellan våtmarksområdet och Lärjeån finns en gångväg som troligtvis kommer att behöva höjas för att vatten ska kunna hållas kvar i en eventuell damm.

Problematik kring båda damm-förslagen föreligger i hur vatten ska ledas till platserna och vilka konsekvenser som kan tänkas uppstå av dammar i områdena. Ledningen under Gamlestadsvägen ligger relativt djupt, vilket innebär att det blir en del grävarbeten för att kunna leda vattnet till de föreslagna dammarna. På grund av höjdskillnaderna kommer det även krävs att vatten tillåts dämna i dagvattenledningen. För att bestämma de totala konsekvenserna och svårigheterna med anläggning av dammarna krävs vidare utredningar.

Permeabla beläggningar och brunnsfilter står som tredje alternativ eftersom de inte renar allt vatten i dagvattensystemet. Alternativet bör övervägas om de två tidigare alternativen inte kan genomföras.

Slutsats

Det alternativ som föreslås för avrinningsområde L02 är förbättring av befintliga diken samt avledning av dagvatten till ett dammsystem med utgångspunkt i den bokskog som finns väster om Gamlestadsvägen.

6.4. Analys av avrinningsområde L03

Norra delen av det här avrinningsområdet består till stor del av skogsmark med undantag för vissa villor och radhus, samt att Hjällbovägen sträcker sig norrut igenom avrinningsområdet. De södra delarna av området är till stor del bebyggda. Bebyggelsen består huvudsakligen av flerbostadshus med tillhörande parkeringar och ytterligare parkeringar vid en mataffär i Hjällbo centrum. En karta över hela avrinningsområdet L03 visas i Bilaga 4, på kartan är även alla föreslagna åtgärder utmarkerade. Området har den längsta sträckningen av Gråbovägen jämfört med resterande avrinningsområden i aktuell studie och det är överlag mycket vägar i området. Söder om Gråbovägen ligger en industri, S:t Eriks, som är verksam inom betong och marksten.

Det insamlade dagvattnet i området leds ihop i en gemensam underjordisk ledning vid korsningen Gråbovägen-Hjällbovägen där det sedan leds under spårvagnsspåret ner till Lärjeån. Avståndet från knutpunkten till Lärjeån är cirka 200m. Inom detta område anses det finns utrymme för eventuella åtgärder.

Möjliga åtgärder

Hela dagvattensystemet

En damm skulle kunna anläggas i det område som ligger mellan spårvagnsspåret och gångvägen. I nuläget finns en del träd i området, vilket kan ses i Figur 6.6, och en bedömning bör göras om det är lämplig att göra ingrepp i naturen på denna plats. Problematiken som finns kring denna åtgärd är en sänka som belägen framför ett par fastigheter österut, se Figur 6.7, risken är att vatten strömmar ner i sänkan och orsakar översvämning.



Figur 6.6. Föreslagen plats för anläggning av damm. (Författarnas fotografi)



Figur 6.7. Karta som visar sänkans plats i perspektiv till föreslaget läge för damm. (Karta från Google Earth)

Ett avsättningsmagasin skulle kunna anläggas i samma område som en våt damm. Fördelarna med ett avsättningsmagasin jämfört med en våt damm är att sänkan öster om området inte riskerar att påverkas i lika stor utsträckning då avsättningsmagasinet är en tät konstruktion och kan anläggas djupare.

På hårdgjorda ytor

Industrin S:t Eriks har fått sina riktlinjer från *Göteborgs Stad* och verksamheten kommer inte ses som en extra föroreningskälla.

Parkeringen tillhörande en mataffär är en av de aktuella parkeringarna i området, se Figur 6.8. På denna yta bedöms en permeabel beläggning vara en lämplig åtgärd. Ett bra exempel på hur en sådan beläggning kan se ut visas i Figur 6.9. Mataffärens parkering bedöms vara av god kvalitet vilket gör omläggning mindre aktuellt. Parkeringsplatserna tillhörande flerbostadshusen i Bondegärdet är också parkeringar där permeabel beläggning bedöms vara en lämplig åtgärd. Parkeringsplatserna vid Bergsgårdsgärdet är av varierande kvalitet och bör även de anläggas med permeabel beläggning när omläggning blir aktuell. Om infiltration via permeabel beläggning inte är möjlig är brunnfilter ett alternativ. Det finns dock ett par dagvattenbrunnar där brunnsdimensionerna är för små för att kunna sätta in brunnfilter.



Figur 6.8. Mataffärens parkering. (Författarnas fotografi)



Figur 6.9. Exempel på en parkering med permeabel beläggning utanför en annan mataffär i Göteborg.
(Bild från Google Street View)

Vid parkeringsdäcket som ligger vid Hjällbo Lillgata, nära Kretslopp och Vattens kontor, föreslås istället brunnfilter då infiltration via permeabel beläggning inte tros vara möjlig.

Vid vägar och parkeringar

Ett alternativ till brunnfilter för parkeringsdäcket vid Hjällbo Lillgata är att utnyttja grönytan söder om parkeringen som en översilningsyta. Dock lutar ytan mer än vad som är lämpligt för en översilningsyta, vilket i kombination med lerig jord och hänsyn till närliggande fastighets dränering leder till att detta alternativ inte föreslås.

I området finns anlagda diken som behöver rustas upp då det observerats att vatten hindras från att komma ner i diken på grund av vegetation och smuts som samlats vid väggkanten, se Figur 6.10. Åtgärden som föreslås är att skrapa rent och se till att diken är lägre än väggkanten. Diken där detta är aktuellt är markerade i Bilaga 4.

Ett annat problem är att det i vissa fall finns brunnar som är belägna djupt ned i diken, som visas i Figur 6.11. Detta leder till att avrunnet vatten får mindre uppehållstid i diken än vad som är lämpligt och möjligt. Förslaget är här att höja brunnintagen för att låta vatten ansamlas innan det leds vidare i ledningssystemet. Viktigt är att intaget förblir så lågt att översvämningsrisken inte blir påtaglig.



Figur 6.10. Vatten hindras rinna ner i diket av smuts och vegetation. (Författarnas fotografi)



Figur 6.11. Dike längs Hjällbovägen med brunn djupt ned i diket. (Författarnas fotografi)

Resultat

I Tabell 6.3 nedan presenteras resultatet av analysen för L03.

Tabell 6.3. Rangordning av rekommenderade lösningalternativ för avrinningsområde L03. Alternativ 1 bedöms vara bäst.

Lösningalternativ	Lösning(ar)	Kommentar
1	Förbättra diken + Damm	Diken längs med Hjällbovägen och damm nära utloppspunkt
2	Förbättra diken + Avsättningsmagasin	Diken längs med Hjällbovägen och avsättningsmagasin nära utloppspunkt
3	Förbättra diken + Åtgärder för parkeringsytor i området	Diken längs med Hjällbovägen och en kombination av åtgärder för parkeringsytor.

Diskussion

Förbättra befintliga diken tas med i alla alternativ eftersom det egentligen inte är en åtgärd utan snarare underhåll och troligtvis ett billigt ingrepp. En damm eller avsättningsmagasin nära utloppspunkten renar allt vatten i ledningssystemet. Det anses då onödigt att rena vattnet längre

upp i systemet. Förbättring av diken tas ändå med då det antas vara en enkel åtgärd och minskar belastningen på dammen eller avsättningsmagasinet både gällande föroreningshalt och flödesmängd.

Om alternativ 1 inte är möjligt och det inte går att anlägga en damm på grund av exempelvis hydrogeologiska, juridiska och miljömässiga skäl kan avsättningsmagasin vara ett alternativ.

På parkeringarna anses permeabla beläggningar vara den bästa icke utrymmeskrävande lösningen. Då man anlägger ny beläggning kan permeabla alternativ väljas. Det anses dock olämpligt att utföra åtgärder i de fall då nuvarande beläggning bedöms vara av god kvalitet. En nackdel är att en ändring bör ske först när andra faktorer leder till ombeläggning, vilket kan dröja beroende på aktuell beläggnings kvalitet. Om infiltration via permeabel beläggning inte är möjlig eller om det behövs en akut åtgärd är brunnfilter en möjlig lösning för parkeringarna i området.

Det är endast med alternativ 1 och 2 som vattnet från Gråbovägen renas. Denna väg bedöms ha stor påverkan på föroreningarna som når Lärjeån. Vidare skulle dessa alternativ rena allt vatten från parkeringarna i området där infiltration inte är möjlig, alltså finns i detta fall inget behov av underhållskrävande brunnfilter med osäker reningseffektivitet. Detta gör dessa alternativ till de primära reningsalternativen för området.

Slutsats

Alternativet som föreslås för avrinningsområde L03 är att rusta upp befintliga diken längs Hjällbovägen samt att anlägga en damm nära utloppspunkten.

6.5. Analys av avrinningsområde L04

L04 är det minsta av de aktuella avrinningsområdena och andelen parkeringar samt andelen hårt trafikerad väg är betydligt mindre än i resterande områden. Området söder om Gråbovägen består uteslutande av villor samt naturområden närmast Lärjeån. Norr om Gråbovägen finns mest grönområden med undantag för ett par villaområden samt enstaka flerbostadshus med tillhörande parkering. En karta över hela avrinningsområdet L04 visas i Bilaga 5.

Enligt *DHI:s* simulering (se Bilaga 1) kommer endast en liten del av områdets föroreningar från hårdgjorda ytor samt att de totala föroreningsmängderna från området är låga.

Resultat

Resultatet av analysen för L04 visar att ingen åtgärd inom området är befogad.

Diskussion

Det finns lösningar som är tillämpbara i området, men med anledning av områdets ringa storlek och relativt låga bidragande till föroreningar till Lärjeån bedöms ingen rening behövas i området. Enda lösningen som anses rimlig är översilningen av takvatten från flerbostadshusen. Dock bidrar takvatten till en liten del av föroreningarna. Utöver detta tillkommer svårigheter med att påverka privatpersoners egendom, vilket gör att denna åtgärd kan vara problematisk att utföra.

Slutsats

Ingen åtgärd föreslås för avrinningsområde L04.

6.6. Analys av avrinningsområde L05

L05 är ett av de större områdena i den aktuella studien. Området består av både stora naturområden och av bostadsområden med flerbostadshus. Från simuleringen gjord av *DHI* kommer de potentiella föroreningarna i område L05 primärt från Gråbovägen, men även från parkeringar i anslutning till bebyggelsen i området.

I de norra delarna av området finns dagvattenledningar med mindre utsläppspunkter som leds ut i mindre bäckar till ett stort grönområde där infiltration bedöms vara möjlig. Här ligger också Sandeslättsgatan där det finns ett större parkeringshus.

Långt ner i avrinningsområdet, i närheten av gångvägen längs Lärjeån, finns plats för potentiella reningskonstruktioner (se Bilaga 6). En bild från platsen visas i Figur 6.12. Ledningarna vid platsen ligger på ungefär tre meters djup, vilket kan innebära problem för vissa reningslösningar.

Marken närmast utloppspunkten är förhållandevis kuperad, vilket gör att åtgärder inte kommer föreslås där.



Figur 6.12. Föreslagen plats för reningsanläggning långt ner i avrinningsområde L05. (Författarnas fotografi)

Möjliga åtgärder

Hela dagvattensystemet

Om det är möjligt att anlägga ett avsättningsmagasin i närheten av gångvägen anses det vara den mest prioriterade lösningen. Anläggning av en damm ses inte som ett alternativ eftersom ledningen ligger så pass djupt och det finns en del fastigheter i området som skulle kunna påverkas negativt av

anläggningen. På grund av osäkerhet kring hur ett avsättningsmagasin på platsen skulle fungera föreslås även sandfilter alternativt filteranläggning som en lösning. Dessa tros vara lättare att installera än avsättningsmagasin tack vare det mindre utrymmesbehovet.

På hårdgjorda ytor

Vid parkeringsytorna i anslutning till bostadsområden vid Eriksbo Väster- och Östergärde, Sandeslättskatan och Sandeslättskroken bör parkeringsytan bytas ut mot permeabel beläggning när en omläggning blir aktuell. Detta är dock långsiktigt eftersom parkeringsytorna inte kommer behöva omläggas inom den närmaste framtiden. Till dess kan brunnsfilter vara ett alternativ för att minska föroreningarna från parkeringarna.

Vid vägar och parkeringar

Anläggning av diken längs Gråbovägens södra sida kan vara ett alternativ för att öka infiltrationen av dagvattnet från vägen, se Figur 6.13. Problemet med att anlägga nya diken är hur de ska anslutas till dagvattenledningsnätet, detta eftersom det kan vara ont om utrymme vid sidan av vägen på grund av träd och buskage.



Figur 6.13. Föreslagen plats för diken vid Gråbovägen i avrinningsområde L05. (Författarnas fotografi)

Resultat

I Tabell 6.4 nedan presenteras resultatet av analysen för L05.

Tabell 6.4. Rangordning på rekommenderade lösningsalternativ för avrinningsområde L05. Alternativ 1 anses vara bäst.

Lösningalternativ	Lösning(ar)	Kommentar
1	Avsättningsmagasin	Långt ner i avrinningsområdet.
2	Sandfilter eller filteranläggning	Långt ner i avrinningsområdet.
3	Permeabla beläggningar + diken	Diken längs Gråbovägen och permeabla beläggningar på alla områdets parkeringar. Parkeringarna håller i nuläget god status vilket gör detta mindre aktuellt.
4	Brunnsfilter + diken	Brunnsfilter på parkeringsytor och diken längs Gråbovägen.

Diskussion

Avsättningsmagasin tros vara en bra lösning, men problem kan tänkas uppstå på grund av markytans och ledningarnas lutningar och djup.

Sandfilter eller filteranläggning föreslås utifall avsättningsmagasin inte kan anläggas på föreslagen plats. Problematik kring denna lösning kan exempelvis vara ledningsdjup, vilket kan medföra mycket grävarbete.

Diken längs Gråbovägen tas inte upp förrän i alternativ 3 på grund av att lösningarna i de tidigare alternativen renar allt dagvatten i ledningsnätet, medan diken enbart renar dagvatten från Gråbovägen. Dessutom kan problem tänkas uppkomma gällande trafiksäkerhet då kantsten i nuläget hindrar vatten från att rinna till platsen för tänkta diken. Borttagande av sådan sten löser problem med flöde till diken, men innebär eventuellt ökad risk för avkörning. Ett annat problem berör träd som kan komma att behöva tas bort vid anläggning av diken. Boende i området kan ställa sig negativa till detta eftersom det kan medföra ökade bullernivåer och att vägen blir mer synlig.

I området bedöms parkeringarna vara av god standard och därmed inte i behov av omläggning inom snar framtid. Av denna anledning föreslås brunnsfilter som alternativ trots att permeabla beläggningar anses vara en bättre lösning och tillämpbara i området.

Slutsats

För L05 rekommenderas ett avsättningsmagasin nära gångvägen utmed Lärjeån som reningslösning för allt dagvatten i området.

6.7. Analys av avrinningsområde L06

I område L06, som korsas av Gråbovägen, finns stora grönområden i dess norra delar och vid Angereds Storåsväg ligger Storås industriområde. På industriområdet finns bland annat bilskrot och

andra bilrelaterade verksamheter. Företagen som har hand om dessa antas ta sitt ansvar och ytorna kommer betraktas som parkeringar. Det är stora ytor och risk finns ändå att tungmetaller och andra föroreningar från verksamheterna når dagvattensystemet.

Dagvattnet från industriområdet i område L06, samt dagvatten från Angereds Storåsväg leds till ett gemensamt dike i anslutning till cirkulationsplatsen vid Gråbovägen, se Figur 6.14.



Figur 6.14. Karta över cirkulationsplatsen vid Gråbovägen, uppsamlingsdammen samt tillrinningen av dagvatten från industriområdet till en redan anlagd damm. (Karta från Eniro)

Vid cirkulationsplatsen som kopplar samman Angereds Storåsväg och Gråbovägen finns en uppsamlingsdamm (se Figur 6.15), vilken samlar upp dagvatten från Gråbovägen väster om rondellen mot Eriksbo. Öster om rondellen finns ett område med bostadshus och kolonilotter. Dagvattnet från dessa, samt från östra Gråbovägen leds ner till en mindre bäck, se Figur 6.14.



Figur 6.15. Trafikverkets uppsamlingsdamm vid Gråbovägen. (Författarnas fotografi)

Dagvatten från bostadsområdet öster om rondellen antas vara så lite förorenat att reningsåtgärder inte prioriteras. Detta främst därför att området är litet och att föroreningshalterna i jämförelse med till exempel Gråbovägen antas vara små.

Dagvatten från bostadsområdet i avrinningsområdets nordvästra del kan antas innehålla relativt små föroreningsmängder eftersom dagvattnet leds i en bäck samt att området är litet. Det kan antas att föroreningar avges på vägen genom bland annat sedimentation och växtupptag.

Hela dagvattensystemet

Eftersom dagvatten från både Angereds Storåsväg och från industriområdet möts i närheten av den befintliga uppsamlingsdammen så kan ett bra alternativ vara att bygga ut den befintliga uppsamlingsdammen till en större avsättningsdamm som renar samtliga dagvattenflöden. Det finns gott om utrymme runt den befintliga dammen, se Figur 6.16.



Figur 6.16. Gott om utrymme finns kring uppsamlingsdammen. Nere till vänster i bilden syns hur bäcken från Storås industriområde leds in i dagvattensystemet. (Författarnas fotografi)

Alternativet till en utbyggnad av den befintliga uppsamlingsdammen kan vara anläggning av en ny damm som renar dagvatten från Storås industriområde. En sådan damm skulle kunna placeras söder om industriområdet, se Figur 6.17. Den föreslagna placeringen är i nuläget relativt plan och i direkt anslutning till bäcken där dagvattnet från Storås industriområde rinner, vilket ses i Figur 6.18.



Figur 6.17. Röd markering visar placering av föreslagen dagvattendamm för rening av vatten från Storås industriområde. Kartan är inte helt ny, vilket innebär att varken rondell eller Trafikverkets damm kan ses i bilden. (Karta från Hitta.se)



Figur 6.18. Fotografi taget på möjlig placering av dagvattendamm söder om Storås industriområde (Författarnas fotografi).

Hårdgjorda ytor

Storås industriområde bidrar med en stor del av de hårdgjorda ytorna i området. Industriområdet förvaltas av flera privata aktörer, som antas följa krav från *Göteborgs Stad* gällande utsläpp av föroreningar. Med detta i åtanke presenteras inga åtgärder på dessa hårdgjorda ytor.

Vid vägar och parkeringar

Befintliga diken runt Angereds Storåsväg bidrar i sitt nuvarande skick till infiltration av dagvatten och sedimentation av föroreningar. Med detta som bakgrund samt att vatten från Gråbovägen leds till befintlig damm föreslås inga åtgärder vid vägar eller parkeringar i avrinningsområdet.

Resultat

I Tabell 6.5 nedan presenteras resultatet av analysen för L06.

Tabell 6.5. Rangordning av rekommenderade lösningsalternativ för avrinningsområde L06. Alternativ 1 anses vara bäst.

Lösningsalternativ	Lösning(ar)	Kommentar
1	Damm	Befintlig damm byggs ut och till denna leds även dagvatten från Angereds Storåsväg samt industriområdet.
2	Damm	Damm söder om Storås industriområde.

Diskussion

I första hand föreslås en utbyggnad av *Trafikverkets* damm då denna plats redan används för dagvattenhantering samt att vatten från såväl industriområde som vägar i nuläget leds dit. Problem kan tänkas uppkomma på grund av höjdskillnad mellan befintlig damm och bäcken till vilken dagvattnet från industriområdet leds. Ytterligare en problemkälla kan vara samarbete med *Trafikverket*.

Alternativt föreslås en damm söder om Storås industriområde. Detta alternativ skulle dock innebära ett större ingrepp i naturen samt att mindre mängd dagvatten renas, jämfört med utbyggnad av *Trafikverkets* damm.

Slutsats

Föreslaget alternativ för avrinningsområde L06 är att bygga ut *Trafikverkets* befintliga damm för att även behandla dagvatten från Storås industriområde.

6.8. Berörda markägare

Vid anläggning av reningslösningar för dagvatten berörs ägare och förvaltare av den mark där åtgärder föreslås och i viss utsträckning även närliggande fastigheter. För information om vilka målsägande som kan påverkas av reningslösningarna som föreslås i respektive avrinningsområde hänvisas till Bilaga 9.

7. Beräknad reningseffektivitet

Nedan följer en överslagsberäkning för de olika föreslagna alternativen. Beräkningarna bygger på siffror med stor felmarginal vilket gör att resultaten inte bör tolkas bokstavligt.

Beräkningarna baserades på den datasimulering som *DHI* har gjort av området samt på de siffror över reningseffektivitet som presenteras för respektive reningsmetod i Kapitel 3. Från simuleringen togs simulerade halter av koppar- och zinkföroreningar.

Endast reningsalternativ 1 för respektive avrinningsområde presenteras i Tabell 7.1 och Tabell 7.2, som båda bygger på beräkningar från Bilaga 8. I de områden där diken ingår i lösningsförslaget har dikenas reningseffekt inte ingått i beräkningen. Detta eftersom det skulle krävas beräkningar av hur stora hårdgjorda ytor som avvattnas till respektive dike samt hur stor del av dagvattnet till dikena som även når en annan reningslösning längre ner i dagvattensystemet. Sådana beräkningar hade kunnat inkluderas i denna rapport, men har bortprioriterats på grund av tidsbrist.

För området L06 så är det osäkert hur stor del av dagvattnet som når den damm som föreslås som reningsåtgärd. Med stöd av den fältundersökning som gjordes i kombination med *DHI*:s simulering görs antagandet att allt vatten som släpps ut i utsläppspunkt 18, se karta Bilaga 1, renas av den föreslagna dammen. Således sätts mängden koppar som når reningsanläggningen i L06 till 2 kg per år. För Tabell 7.2 sätts siffran för L06 till 50 % av all hårdgjord yta i avrinningsområdet. Detta kan antas vara ett återhållsamt antagande.

Tabell 7.1. Förmodad mängd koppar och zink som de föreslagna reningsmetoderna avlägsnar. Värdena i tabellen har fått från beräkningar i Bilaga 8.

Avrinningsområde	Avskild koppar [kg]	% av all koppar	Avskild zink [kg]	% av all zink
L02	1,95	65,0 %	6,5	65,0 %
L03	3,25	65,0 %	11,7	65,0 %
L04	0	0,0 %	0	0,0 %
L05	2,72	68,0 %	9,52	68,0 %
L06	1,3	43,3 %	4,55	41,4 %
Totalt	9,22	54,2 %	32,27	54,7 %

Tabell 7.2. Förmodad andel dagvatten hårdgjord yta som renas med de föreslagna reningsmetoderna. Värdena i tabellen har fått från beräkningar i Bilaga 8.

Avrinningsområde	Arena [ha]	Hårdgjord yta	Hårdgjord yta [ha]	Renat vatten från hårdgjort yta
L02	62	31,0 %	19,22	100 %
L03	128	28,0 %	35,84	100 %
L04	50	24,0 %	12	0 %
L05	85	29,0 %	24,65	100 %
L06	89	23,0 %	20,47	50 %
Totalt	414	27,1 %	112,18	80,2 %

7.1. Prioriteringsordning av områden

Av praktiska skäl kan det vara bra att avgöra i vilken ordning avrinningsområdena bör prioriteras med avseende på utbyggnad av reningsalternativ. Eftersom de absoluta mängderna avgör föroreningsbelastningen i Lärjeån så har prioriteringsordningen bestämts efter de olika alternativens påverkan på den totala föroreningsmängden.

Tabell 7.3. Prioriteringsordning och mängd avskild koppar och zink för olika avrinningsområden.

Prioritering	Avrinningsområde	Avskild koppar [kg]	Avskild zink [kg]
1	L03	3,25	11,7
2	L05	2,72	9,52
3	L02	1,95	6,50
4	L06	1,30	4,55
5	L04	0	0

8. Diskussion

Resultatet visar att det i undersökt området finns implementerbara metoder för att rena partikelbundet suspenderat material från dagvattnet. Reningsmetoderna som föreslagits är välbeprövade, vilket ger ökad tillförlitlighet gällande reningsmetodernas effektivitet. Resultatet ger en fingervisning om vilka reningsmetoder som bör utredas närmare samt vilka reningsmetoder som anses vara mest lämpade i nuläget. De reningsmetoderna som föreslås är främst diken, dammar och permeabla beläggningar, metoder som alla ingår i *Svenskt Vattens* rekommendationer för Hållbar dagvattenhantering.

Rapporten undersöker primärt partikelbundna föroreningar. Detta betyder att de reningsmetoder som valts inte nödvändigtvis är effektiva mot lösta föroreningar och petroleumvätekarbonater. Konsekvensen kan bli att skadliga ämnen når Lärjeån trots implementering av reningslösningar. För att utreda detta vidare bör mätningar göras samt undersöka nämnda ämnens påverkan på naturområdet.

Tidigt i studien gjordes ett urval av reningsmetoder som sedan vidare analyser kunde utgå från. För att inte för mycket fokus skulle läggas på vilka reningsmetoder som skulle ingå i detta urval gjordes urvalet med hjälp av rapporten *Platsbesparande Befintliga Reningssystem för Dagvatten* av Larm. I och med detta finns en möjlighet att andra reningsmetoder, som är lika väl lämpade för det undersökta området, inte har utretts vilket påverkar valet av reningsmetoder. Fördelen är dock att de reningsmetoder som presenteras i resultatet är väletablerade.

Reningsmetoderna har valts på kvalitativ basis eftersom det inte finns empirisk data varken över hur förorenat dagvattnet är eller hur höga halter av föroreningar som accepteras utan att skada växt- och djurliv. Detta innebär osäkerheter vid bedömning av huruvida det övergripande målet uppfylls vilket är att skydda växt- och djurliv. Utan empiriska data blir det väldigt svårt att bedöma ifall de insatta åtgärderna är tillräckliga. Resultatet kan därför inte tolkas som åtgärder för att säkert skydda djur- och växtliv utan snarare som åtgärder som i okänd utsträckning bidrar till en bättre miljö i ån.

För att ytterligare kunna motivera de olika reningslösningarna ur ett hållbarhetsperspektiv krävs även en vidare analys över hur de kan tänkas påverka miljön negativt. Till exempel kan en livscykelanalys vara en bra metod för detta. Ett dammbygge som tar upp mycket plats påverkar naturen, det krävs även grus som måste brytas och transporteras. Även konstruktioner som kräver mycket betong kan ha negativ påverkan på miljön.

Enklare bedömning av anläggningsmöjlighet för de föreslagna reningsmetoderna på respektive plats har gjorts. Därför borde uppenbart olämpliga platser för anläggning kunna anses borträknade. Däremot undersöks inte i större utsträckning hur lämpliga reningsmetoderna är ur anläggningssynpunkt, det kan alltså visa sig att en metod blir dyr eller byggnadstekniskt svår att anlägga på föreslagen plats. Detta gäller främst för större reningsanläggningar som till exempel våta dammar eller avsättningsmagasin. Det kan vara svårt att göra en helhetsbedömning eftersom hänsyn måste tas till många olika och osäkra omständigheter. På grund av dessa osäkerheter har flera reningsalternativ samt platser för anläggning presenteras för de flesta av de undersökta avrinningsområdena.

Vidare har endast liten hänsyn tagits till vem som äger marken där de olika reningsåtgärderna föreslås. Detta kan innebära problem om markägaren inte är intresserad av till exempel ett avsättningsmagasin vid sin tomt. Liknande problematik kan uppstå i nära anslutning till Lärjeån där marken är skyddad enligt *Natura 2000*, vilket betyder att beslut måste gå via *Länsstyrelsen*. Detta innebär att åverkan på marken kan tillåtas endast under särskilda omständigheter.

Även om reningsmetoderna valts på kvalitativ basis så har en enklare överslagsberäkning genomförts för att ge en fingervisning om hur stora mängder föroreningar som kan komma att renas. Det är dock viktigt att påpeka att det finns mycket stora osäkerheter i dessa beräkningar. Anledningen till att detta ändå är med, trots de stora osäkerheterna, är att det var ett tydligt önskemål från *Göteborgs Stad*. En av de förenklingar som har gjorts är att ett medelvärde för reningseffektiviteten för respektive reningsmetoden har använts. Vidare har även en uppskattning gjorts gällande mängden dagvatten som uppsamlats i föreslagen reningslösning i L06. Dessa förenklingar bidrar till en större osäkerhet till beräkningsresultatet. För att erhålla mer korrekta beräkningar, där även reningseffekter från bland annat diken är inkluderade, skulle mer utförliga beräkningar fordras, förslagsvis med hjälp av ett simuleringsprogram.

Då det övergripande syftet från *Göteborgs Stad* är att skydda naturlivet i ån bör fler potentiella föroreningskällor utredas för att säkerställa att syftet uppfylls. Risken är att det finns andra miljögifter än de som når Lärjeån via dagvattnet. Ifall sådana miljögifter finns kan ett billigare och effektivare alternativ vara att prioritera rening av dessa framför rening av dagvatten.

Som alternativ till rening av dagvatten kan preventiva åtgärder föreslås. Eftersom en stor del av föroreningarna kommer från biltrafiken kan en bra lösning vara att försöka reglera trafikmängden. Där nedreglering av personbilstrafiken till förmån för kollektivtrafiken skulle kunna vara en metod. Med en sådan lösning fås även andra positiva effekter så som bättre luftkvalité och mindre koldioxidutsläpp.

Studien visar att det finns flera bra reningsalternativ för att förbättra dagvattnets kvalité. De olika alternativen bör dock även utredas med hänsyn till effektivitet och huruvida det är byggnadsteknisk, byråkratiskt och juridiskt möjligt att anlägga på rekommenderade platser. Vidare rekommenderas mer djupgående analyser över vilka föroreningsmängder som förekommer samt undersökningar som visar ifall det finns andra miljöfarliga ämnen som är mer farliga än de i dagvattenflöden normalt förekommande suspenderade materialen. Resultatet bör därför användas och tolkas som en av flera möjliga åtgärder för att förbättra vattenkvalitén i Lärjeån.

Ett steg i strävan mot en mer hållbar dagvattenhantering kan vara att utreda hur *Göteborgs Stad* samarbetar internt inom förvaltningar och med myndigheter som *Trafikverket* samt företag och bostadsföreningar för att kunna ta fram fungerande helhetslösningar för dagvattenhantering.

I det här arbetet föreslås införande av åtgärder i befintlig bebyggelse. Under genomförda fältstudier har en del ogenomtänkta lösningar observerats, vilket ibland skapar svårigheter vid implementering av lösningar för dagvattenhantering. För att undvika dessa svårigheter bör hänsyn tas till dagvatten och dess inverkan på miljön redan vid planering av bebyggelse och infrastruktur. På så sätt kan plats avsättas för hantering av dagvatten. Detta är ett steg i rätt riktning för att efterlikna naturens naturliga avrinningsförlopp och ett måste för att uppnå en verkligt hållbar dagvattenhantering.

9. Slutsats

De åtgärder som anses vara bäst lämpade för det avsedda området är dammar, diken och permeabla beläggningar. Dessa metoder för omhändertagande av dagvatten är en del av det som ingår i begreppet Hållbar Dagvattenhantering.

Nedan redovisas de enligt studien bäst lämpade åtgärderna för respektive område.

Avrinningsområdena är i tabellen ordnade efter rekommenderad prioriteringsordning för rening av dagvatten. Prioriteringen är baserad på mängden föroreningar som med de föreslagna reningsmetoderna kan renas ur dagvattnet från respektive avrinningsområde.

Tabell 9. Prioritering över studerade avrinningsområden och föreslagna åtgärder för dessa.

Prioritet	Område	Åtgärd	Kommentar
1	L03	Damm, diken och permeabel beläggning.	Diken längs med Hjällbovägen och damm nära utsläppspunkt.
2	L05	Avsättningsmagasin.	Långt ner i avrinningsområdet.
3	L02	Damm och diken.	Dammsystem med utgångspunkt i bokskogen.
4	L06	Dammutbyggnad eller ny damm.	Befintlig damm byggs ut och till denna leds även dagvatten från Angereds Storåsväg samt industriområdet. Alternativt byggs en ny damm för att rena dagvatten från samma område.
5	L04	Ingen föreslagen.	L04 innehåller mindre hårdgjorda ytor än övriga avrinningsområden och bidrar med minst föroreningar i studien.

Referenser

- Aldheimer, G. (2004). *Undersökning utförd av Stockholm Vatten AB*, Stockholm: Stockholm Vatten AB
- Bach, P. M., McCarthy, D. T. & Deletic, A. (2010) *Redefining the stormwater first flush phenomenon*. Amsterdam: Elsevier Ltd.
- Backström, M. & Wikström, L. (2013) *Effektivisering av ekologisk dagvattenhantering i stadsmiljö*. Jönköping: Tekniska Högskolan Jönköping (Examensarbete inom byggnadsteknik).
- Bertrand-Krajewski, J.-L., Chebbo, G. & Saget, A. (1998). Distribution of pollutant mass vs volume in stormwater discharges and the first flush phenomenon. *Water Research*. Vol. 32, pp. 2341-2356.
- BG Byggros. (2014) Sedumtak vikt. <http://www.byggros.com/sv/kunskapsbank/information-gron-tak-planteringar/sedumtak-vikt>. (2014-03-27).
- Blecken, G.-T. (2010) *Biofiltration Technologies for Stormwater Quality Treatment*. Luleå: Luleå Tekniska Universitet.
- Blecken, G.-T., Marsalek, J. & Viklander, M. (2011). Laboratory Study of Stormwater Biofiltration in Low Temperatures: Total and Dissolved Metal Removals and Fates. *Water, Air, & Soil Pollution*. Vol. 219, pp. 303-317.
- Blecken, G.-T., et al. (2009a). Impact of a submerged zone and a carbon source on heavy metal removal in stormwater biofilters. *Ecological Engineering*. Vol. 35, pp. 769-778.
- Blecken, G.-T., et al. (2009b). Influence of intermittent wetting and drying conditions on heavy metal removal by stormwater biofilters. *Water Research*. Vol. 43, pp. 4590-4598.
- Butler, D. & Davies, J. W. (2010) Effect of urbanisation on drainage, *Urban drainage*. 3rd edition, pp. 3-4. London: Spon Press
- Center for Watershed Protection. (1994). Developments in Sand Filter Technology to Improve Stormwater Runoff Quality. *Prot. Techniques*. 1(2), pp. 47-54.
- Center for Watershed Protection. (1995). Performance of Delaware Sand Filter Assessed. *Prot. Techniques*. 2(1), pp. 18-20.
- Claytor, R. A., Schueler, T. R. & Consortium, C. R. (1996). Design of stormwater filtering systems. *Center for Watershed Protection for Chesapeake Research Consortium*. Solomons, Md.
- Contech Engineered Solution. (2014) StormFilter Configuration guide. <http://stormwater360.com.au/?filtration-product=storm-filter>. (2014-03-03).
- Davis, A. P. & McCuen, R. H. (2005) *Stormwater management for smart growth*. Berlin: Springer
- Dromberg, P. (2009) Brunnsfilter för rening av dagvatten – Rapport 5. Stockholm vatten VA AB. http://www.stockholmvatten.se/commondata/rapporter/avlopp/Dagvatten/Brunnsfilter_f%C3%B6r_rening_av_v%C3%A4gdagvatten.pdf.

- Erickson, A. J., Weiss, P. T. & Gulliver, J. S. (2013) *Optimizing Stormwater Treatment Practices: A Handbook of Assessment and Maintenance*. Berlin: Springer
- Europeiska Unionen. (1992). Rådets direktiv 91/43/EEG om bevarande av livsmiljöer samt vilda djur och växter. *Europeiska gemenskapernas officiella tidning*, Vol. 11, Nr L 206/7. pp. 114-158.
- Ferguson, B. K. (2005) *Porous pavements*. Boca Raton: CRC Press, (Integrative studies in water management and land development)
- Gatu- och fastighetskontoret, et al. (u.å.). *Rening av dagvatten - Exempel på åtgärder och kostnadsberäkningar*, Stockholm: Stockholm Vatten AB
- Göteborgs Stad - Göteborg Vatten. (2011). *Åtgärdsplan Avloppsavledning 2010*, Taberg: Group, Taberg Media
- Göteborgs Stad - Park och natur. (2012). *Folder om Lärjeåns dalgång*
- Hinnemo, S. (2013) *Dagvatten i Solna : Föroreningskällor och en studie av dagvattnets sammansättning i tre stadsdelar*. Luleå: Luleå Tekniska Universitet. Institutionen för samhällsbyggnad och naturresurser
- Jianghua, Y., Yeonseok, K. & Youngchul, K. (2013). Removal of non-point pollutants from bridge runoff by a hydrocyclone using natural water head. *Frontiers of Environmental Science & Engineering*. 7, pp. 886-895.
- Kalmykova, Y., Strömvall, A.-M., Rauch, S. & Morrison, G. (2008). Peat filter performance under changing environmental conditions. *Journal of Hazardous Materials*. pp. 389-393.
- Kandasamy, J., Beecham, S. & Dunphy, A. (2008). Stormwater sand filters in water sensitive urban design. *Water Management*. Vol. 161, pp. 55-64.
- Karlsson, D. & Steen, F. (2012) *Utformning av fördröjningsdammar, med avseende på rening av dagvatten från transport- och lagerhållningsindustri*. Jönköping: Tekniska Högskolan Jönköping (Examensarbete inom byggnadsteknik).
- Larm, T., Holmgren, A. & Börjesson, E. (1999). *Platsbesparande Befintliga Reningsmetoder För Dagvatten*, Stockholm: Stockholm, Region
- Levander, E. (2005) *Dagvatten i Vegastaden*. Stockholm: KTH. Byggnadsteknik och design
- Lindvall, P. (2008). *Utformning av översilningsytor för dagvatten – Med fokus på tungmetaller*, Lund: Lunds Universitet
- Louhi, S. (2005). *Utvärdering av dagvattendammen Gärdsås mosse i Bergsjön*, Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola
- Länstyrelsen Västra Götalands län. (2005). Bevarandeplan för Natura 2000-område - SE0520167 Lärjeån.
- Malmö Stad. (2008). *Dagvattenstrategi för Malmö*, Malmö: Malmö stad

- Melbourne Water. (2005) *WSUD Engineering Procedures: Stormwater: Stormwater*. CSIRO PUBLISHING
- Miljö- och stadsbyggnadskontoret och Tekniska kontoret. (2001). *Dagvattenpolicy i Södertälje kommun*, Södertälje: Södertälje Kommun
- Miljödepartementet. (1998) Miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd. *Miljöbalk*(1998:808). http://www.riksdagen.se/sv/Dokument-Lagar/Lagar/Svenskforfattningssamling/Miljobalk-1998808_sfs-1998-808/-_K9. (2014-02-25).
- Morrison, G. (1989) Bioavailable metal uptake rate in urban stormwater determined by dialysis with receiving resins, *Hydrobiologica*, pp. 491-495. Göteborg: Springer
- Muthanna, T. M., Viklander, M., Blecken, G. & Thorolfsson, S. T. (2007). Snowmelt pollutant removal in bioretention areas. *Water Research*. 41, pp. 4061-4072.
- Nationalencyklopedin. (2014) Starrar. <http://www.ne.se/starrar>. (2014-02-25).
- Naturvårdsverket. (2007). *Oljeavskiljare*, Stockholm: Naturvårdsverket
- New Jersey. (2011) Brevkorrespondens mellan delstaten New Jersey, USA och Derek Borg. <http://www.state.nj.us/dep/stormwater/pdf/stormfilter.pdf>.
- Nilsson, M. (2013). *Underjordisk dagvattenhantering i urban miljö*, Alnarp: Sveriges Lantbruksuniversitet
- Nygren, H. (2010) *Norstedts ordbok*. Göteborg: Norstedts
- Palmnäs, M. (2011) Dubbdäck på barmark river upp skadliga vägpartiklar. *forskning.se*. <http://www.forskning.se/nyheterfakta/nyheter/redaktionellaartiklar/dubbdackpabarmarkriveruppskadligavagpartiklar.5.34a8543912bbe474e1f80004904.html>.
- Persson, G. (2009). Syreradikaler och oxidativ stress – Grundorsaken bakom cancer, allergier och åldrande. *Rapport till cancer- och allergifonden*.
- Peterzén, E. (1997) *Dränerande enhetsöverbyggnad för rening och utjämning av vägdagvatten*. Stockholm: Kungliga Tekniska Högskolan. Avdelningen för Vattenvårdsteknik
- Rawicki, J. & Salmonsson, A. (2013). Dagvattnets påverkan på grundvatten- och ytvattenkvaliteten.
- Schmitz-Günther, T. (2000) *Ekologiskt byggande och boende: idéer, förslag, exempel*. Köln: Könemann
- State of New Jersey. (2013) Stormwater Manufactured Treatment Devices. <http://www.state.nj.us/dep/stormwater/treatment.html>. (2014-02-23).
- Stenstrom, M. K. & Kayhanian, M. (2005). *First flush phenomenon characterization*, Sacramento: California Department of Transportation, Division of Environmental Analysis
- Stockholm stad. (2002). *Dagvattenstrategi för stockholm*, Stockholm: Miljöbarometern Stockholm

- Stockholm stad. (2005). *Dagvattenstrategi för stockholm stad*, Stockholm: Stockholm Stad
- Svenskt Vatten AB. (2011). *Hållbar dag- och dränvattenhantering – Råd vid planering och utformning*, Stockholm: AB, Svenskt Vatten
- United States Environmental Protection Agency EPA. (1999). Storm Water Technology Fact Sheet Sand Filters. EPA 832-F-99-007.
- VA-Verket. (2001). *Dagvatten inom planlagda områden*, Göteborg: VA-Verket Göteborg
- Water Plan Finland Oy. (2014) Energieffektiva lösningar för hantering av avloppsvatten.
<http://waterplan.fi/se/hydrocyklon/>. (2014-02-11).
- Wennberg, C. (2012). *Lärjeån föroreningsmängder från dagvatten*, Göteborg: DHI
- Winer, R. (2000) *National pollutant removal performance database for stormwater treatment practices 2nd edition*. Ellicot City: Center for Watershed Protection MD
- Yonge, D. (2000) *Contaminant Detention in Highway Grass Filter Strips*. Washington: Washington State University.

Bilaga 1: Tabeller och figurer från simulering utförd av DHI

Tabellerna som följer är anpassade för att inte innehålla information som är irrelevant för detta projekt. Avrinningsområdena utöver L02-L06 är här borttagna.

Totala föroreningsmängder från varje avrinningsområde (Wennberg, 2012).

Total föroreningsmängd [kg/år]	L02	L03	L04	L05	L06
Fosfor	21	29	13	26	21
Kväve	226	370	147	307	224
Koppar	3	5	2	4	3
Zink	10	18	6	14	11

Dagvattenmängder från varje avrinningsområde (Wennberg, 2012).

Delavrinningsområde	Volym [m ³]
L02	166 184
L03	289 448
L04	117 508
L05	238 447
L06	188 509

Fördelning av yttyper och totalarea för respektive avrinningsområde (Wennberg, 2012).

Yttyp [ha]	L02	L03	L04	L05	L06
Tak	6,2	7,68	4	8,5	4,45
Parkeringar	3,72	10,24	1	6,8	8,01
Väg under 10 000 ÅDT	5,58	10,24	6,5	6,8	6,23
Väg över 10 000 ÅDT	3,72	7,68	0,5	2,55	1,78
Bebyggt område	11,78	12,8	8,5	13,6	16,02
Skogsmark	31	80,64	29,5	46,75	52,51
Totalarea	62	128	50	85	89

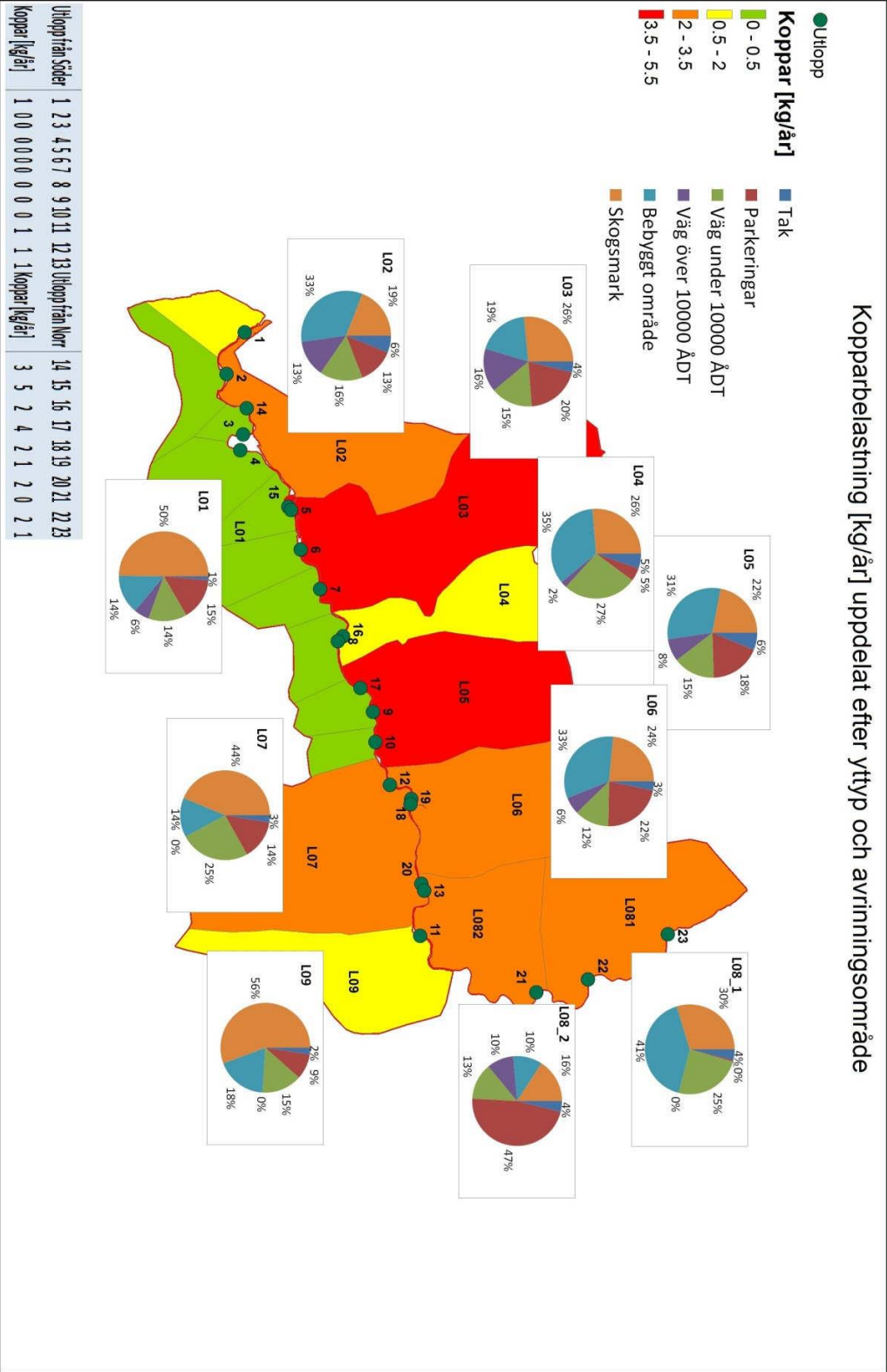
Mängd koppar per hektar och år från respektive yttyp och avrinningsområde (Wennberg, 2012).

Koppar [kg/ha*år]	L02	L03	L04	L05	L06
Tak	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02
Parkeringsgar	0,11	0,11	0,10	0,12	0,09
Väg under 10 000 ÅDT	0,09	0,08	0,08	0,09	0,07
Väg över 10 000 ÅDT	0,12	0,11	0,10	0,12	0,10

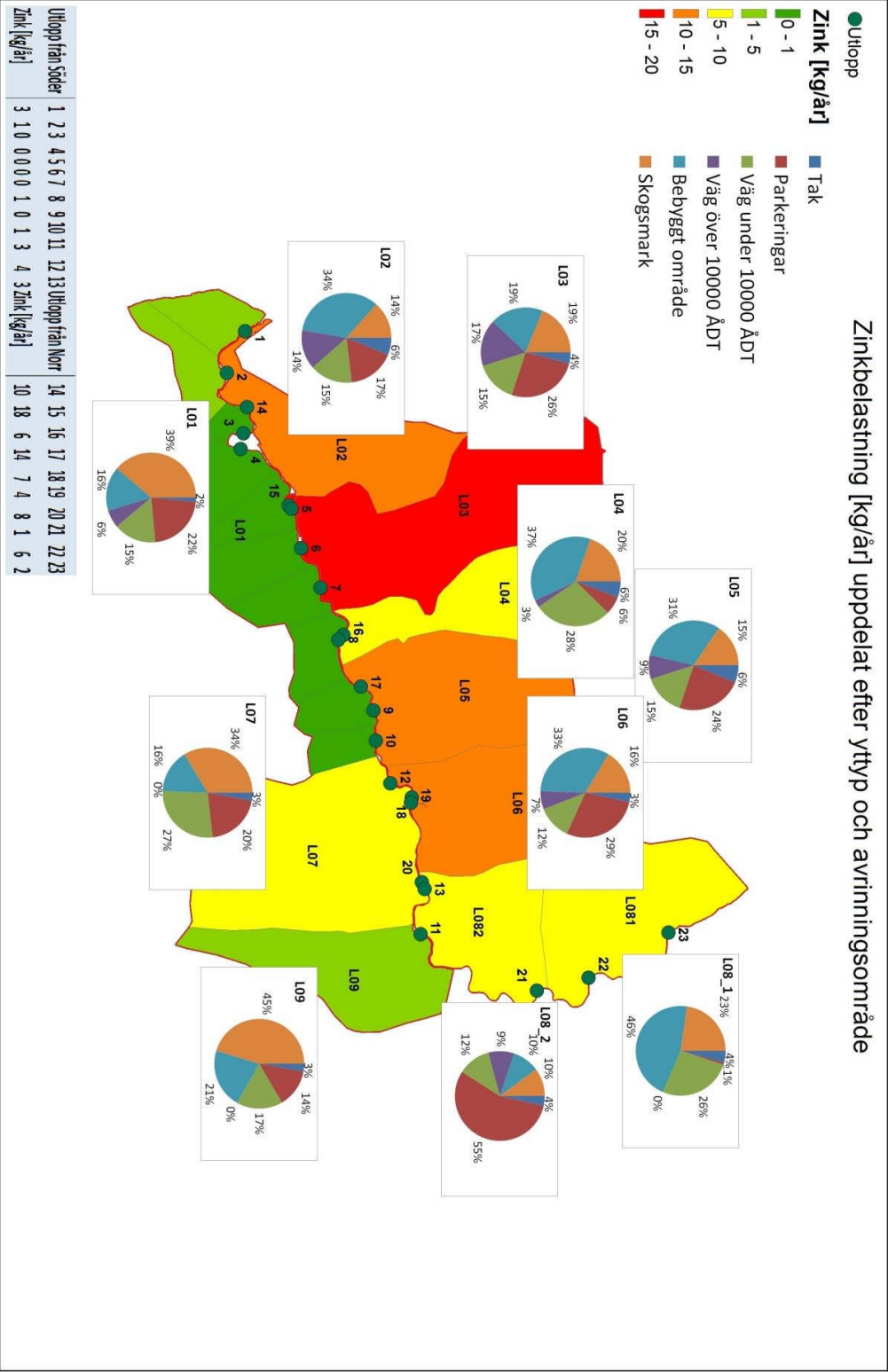
Mängd zink per hektar och år från respektive yttyp och avrinningsområde (Wennberg, 2012).

Zink [kg/ha*år]	L02	L03	L04	L05	L06
Tak	0,10	0,09	0,09	0,10	0,08
Parkeringsgar	0,49	0,47	0,43	0,50	0,38
Väg under 10 000 ÅDT	0,29	0,28	0,25	0,29	0,23
Väg över 10 000 ÅDT	0,42	0,40	0,36	0,42	0,33

I figurerna nedan visas mängden koppar respektive mängden zink som enligt DHIs simulering når Lärjeån från avrinningsområdena L01 – L09 (där L01 och L09 inte ingår som studieobjekt i denna rapport).

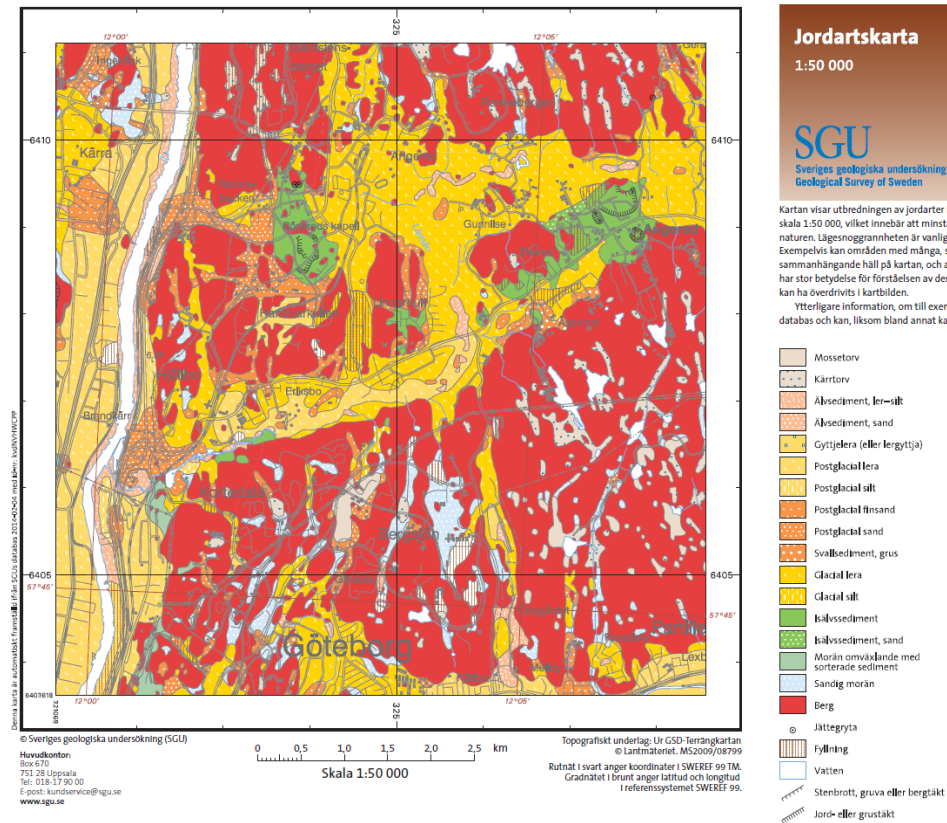


Total kopparbelastning från respektive yttyp för flera av Lärjeåns avrinningsområden (Wennberg, 2012).



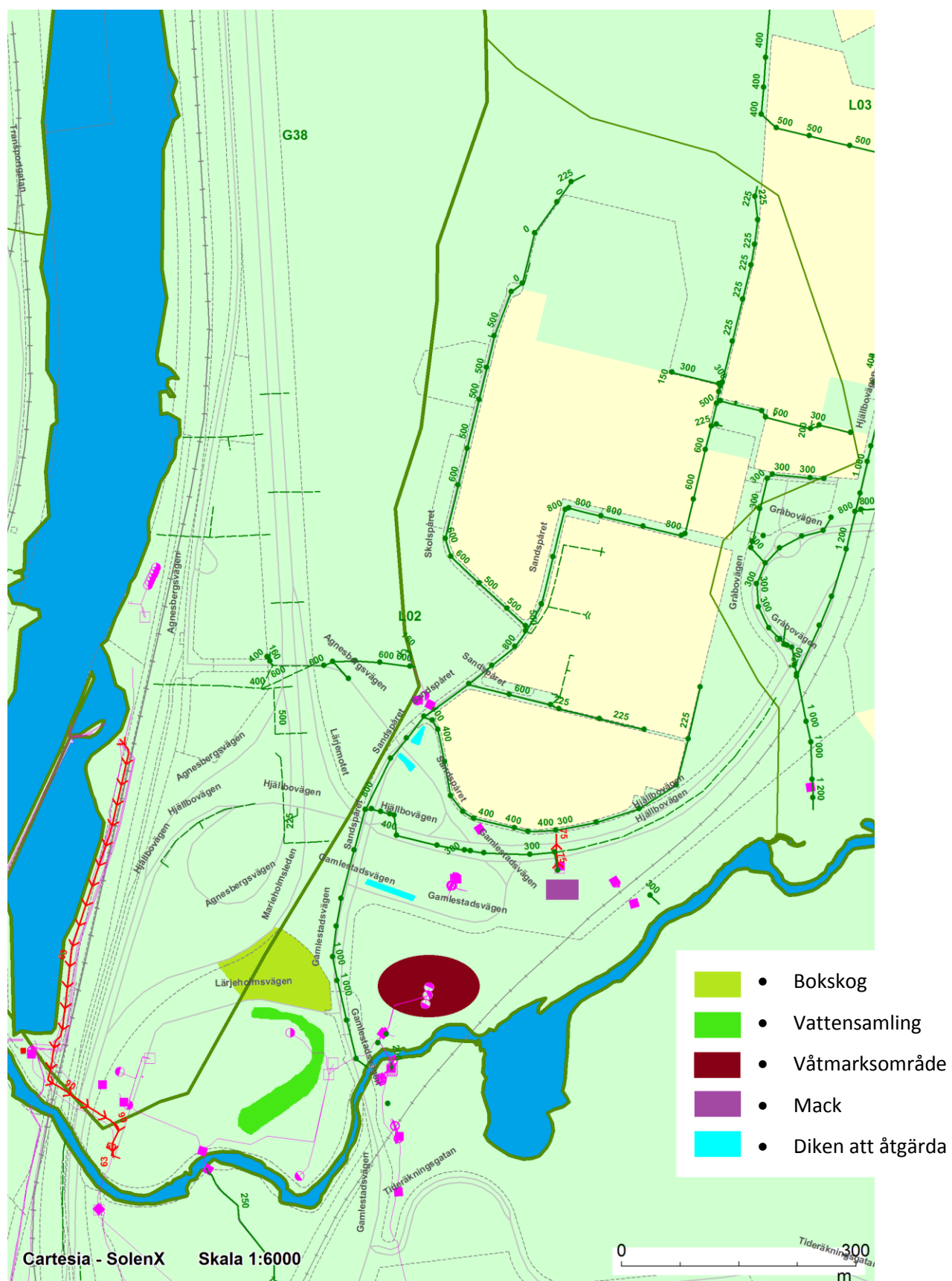
Total zinkbelastning från respektive yttyp för flera av Lärjeåns avrinningsområden (Wennberg, 2012).

Bilaga 2: Jordartskarta

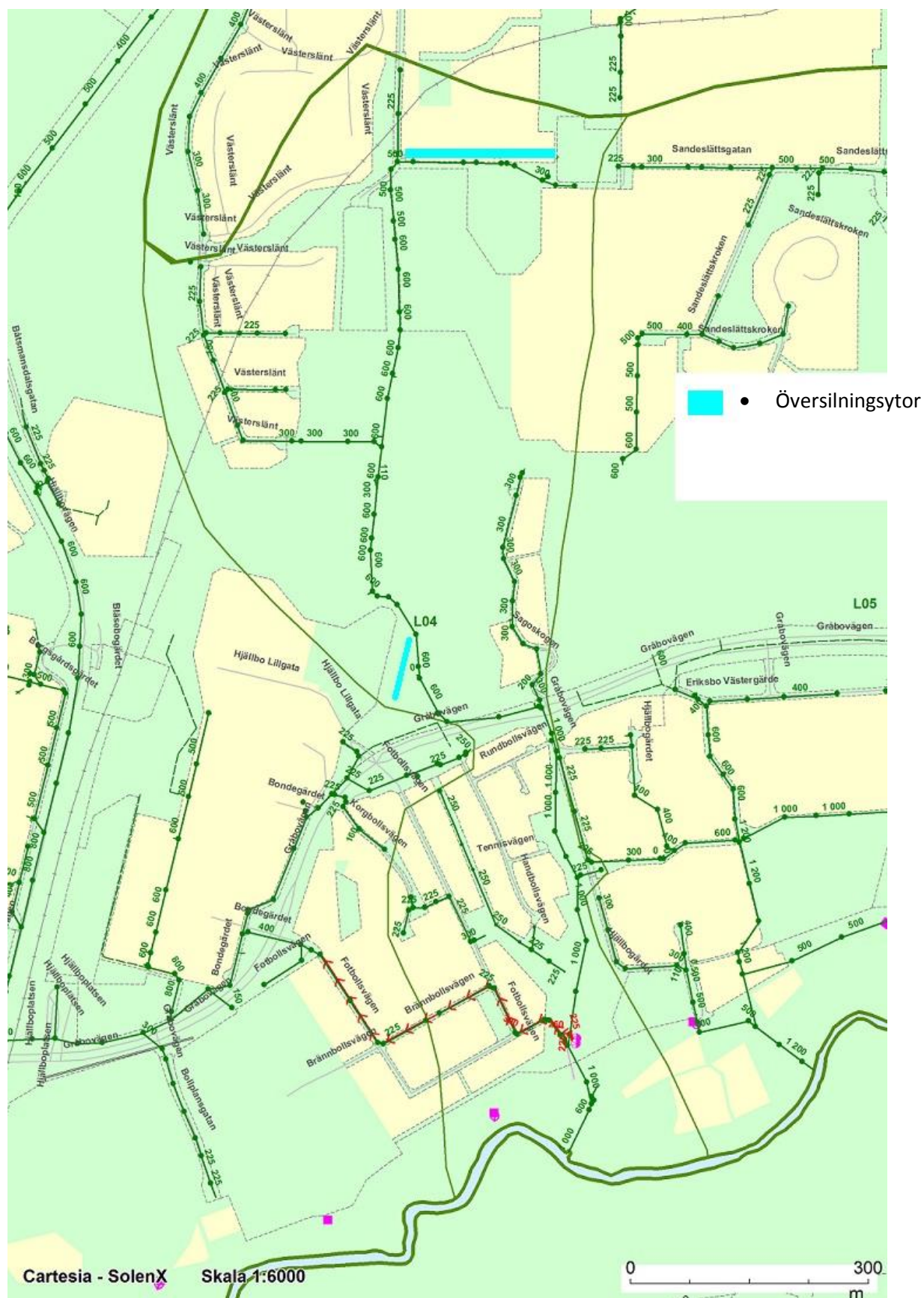


Jordartskarta hämtad från SGUs kartgenerator.

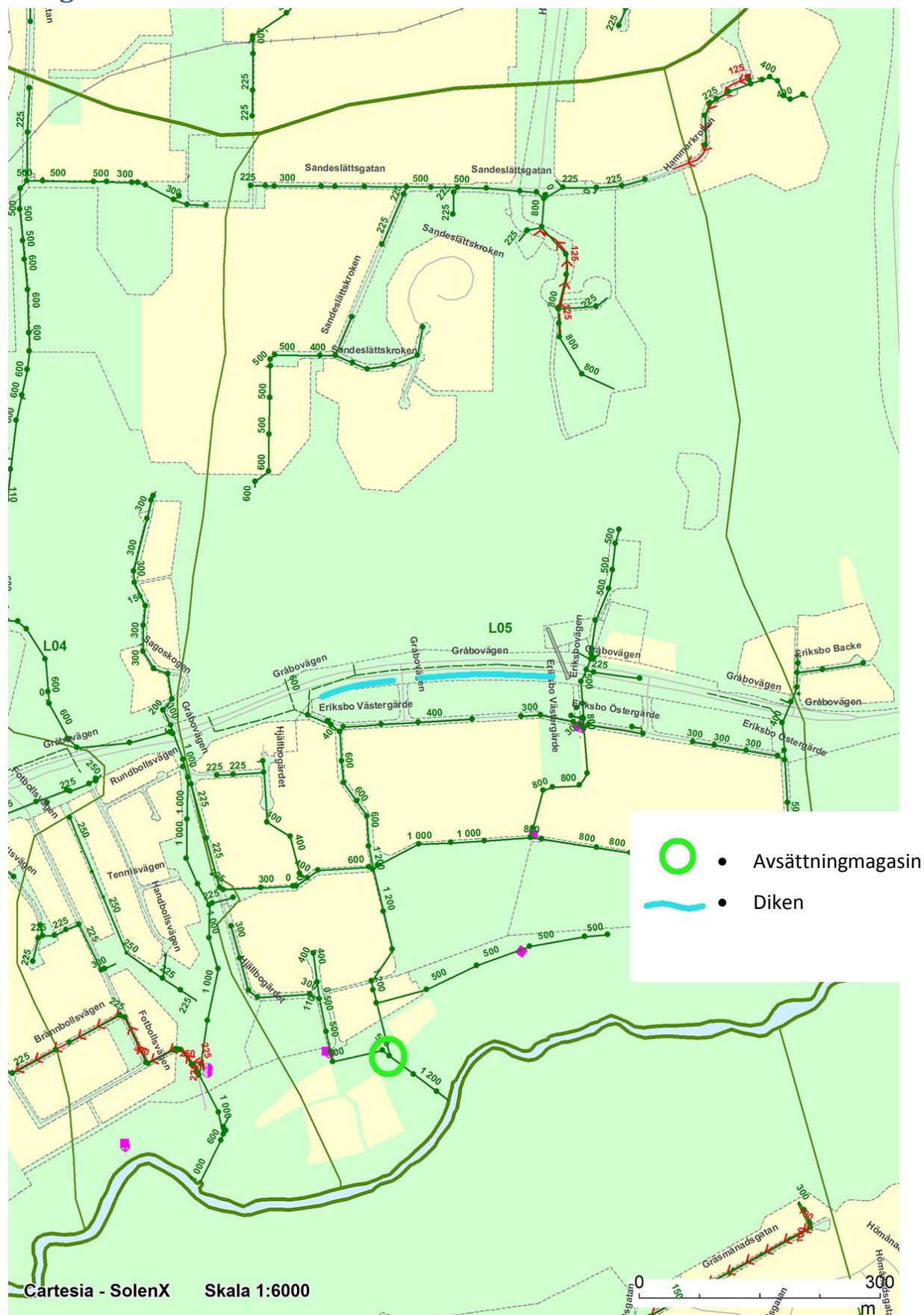
Bilaga 3: Karta över L02



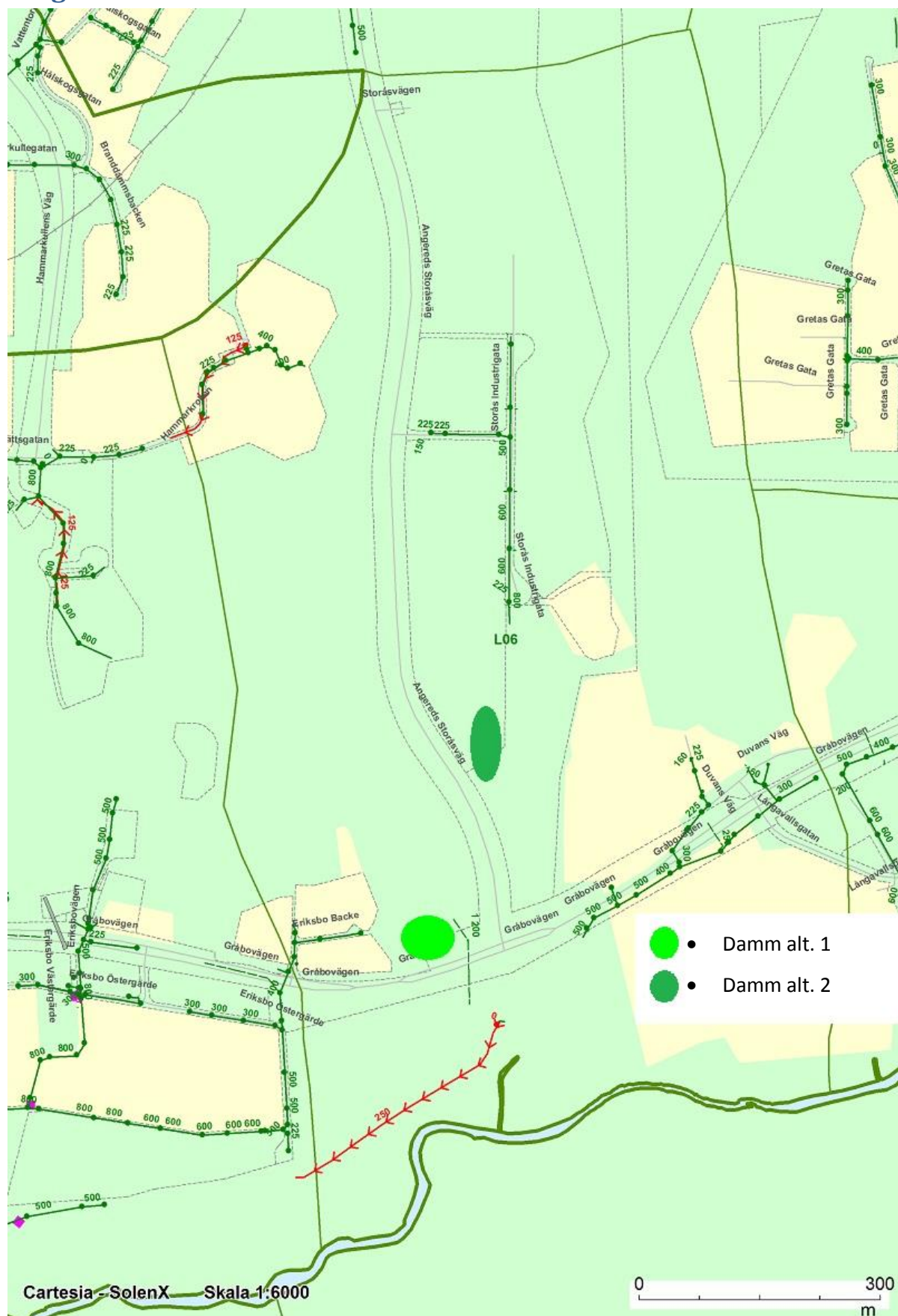
Bilaga 5: Karta över L04



Bilaga 6: Karta över L05



Bilaga 7: Karta över L06



Bilaga 8: Beräkningar kring reningseffekt

Här presenteras de formler som använts vid beräkningarna, vars resultat visas i Kapitel 7. Tabellerna som följer efter formlerna visar beräknade värden för koppar respektive zink.

$$\text{Reningsgrad} = \frac{(p_1 + p_2)}{2}$$

$$\text{Metall}_{\text{renad}} = \text{Vatten} \cdot \text{Reningsgrad} \cdot \text{Metall}_{\text{total}}$$

$$\text{Metall}_{\text{renad}} = \text{Mängd renad metall [kg]}$$

$$\text{Metall}_{\text{total}} = \text{Total mängd metall i dagvattnet innan rening [kg]}$$

$$\text{Vatten} = \text{Andelen vatten som renas}$$

$$p_1 = \text{Reningseffektens undre gräns angiven som andel}$$

$$p_2 = \text{Reningseffektens övre gräns angiven som andel}$$

$$\text{Andel bortrenad metall} = \frac{\text{Metall}_{\text{renad}}}{\text{Metall}_{\text{total}}}$$

KOPPAR		
L02		
Föreslagen åtgärd	Förbättra diken + Damm	
Andel dagvatten som renas		100 %
Reningseffektivitet Tungmetaller		65 %
Mängd koppar/år i området [kg]		3
Avskild koppar [kg]		1,95
Andel bortrenad koppar		65 %
L03		
Föreslagen åtgärd	Förbättra diken + Damm	
Andel dagvatten som renas		100 %
Reningseffektivitet Tungmetaller		65 %
Mängd koppar/år i området [kg]		5
Avskild koppar [kg]		3,25
Andel bortrenad koppar		65 %
L04		
Föreslagen åtgärd	ingen	
Andel dagvatten som renas		0 %
Reningseffektivitet Tungmetaller		0 %
Mängd koppar/år i området [kg]		2
Avskild mängd koppar [kg]		0
Andel bortrenad koppar		0 %
L05		
Föreslagen åtgärd	Avsättningsmagasin	
Andel dagvatten som renas		100 %
Reningseffektivitet Tungmetaller		68 %
Mängd koppar/år i området [kg]		4
Avskild mängd koppar [kg]		2,72
Andel bortrenad koppar		68 %
L06		
Föreslagen åtgärd	Damm	
Andel dagvatten som renas		100 %
Reningseffektivitet Tungmetaller		65 %
Mängd koppar/år i området [kg]		3
Mängd koppar som når damm [kg]		2
Avskild koppar [kg]		1,3
Andel mängd avskild koppar i området		43 %
Total mängd koppar i L02-L06 [kg]		17
Total mängd avskild koppar [kg]		9,22
Total andel avskild koppar		54 %

ZINK	
L02	
Föreslagen åtgärd	Förbättra diken + Damm
Andel dagvatten som renas	100 %
Reningseffektivitet Tungmetaller	65 %
Mängd zink/år i området [kg]	10
Avskild mängd zink [kg]	6,5
Andel avskild zink	65 %
L03	
Föreslagen åtgärd	Förbättra diken + Damm
Andel dagvatten som renas	100 %
Reningseffektivitet Tungmetaller	65 %
Mängd zink/år i området [kg]	18
Avskild mängd zink [kg]	11,7
Andel avskild zink	65 %
L04	
Föreslagen åtgärd	Ingen
Andel dagvatten som renas	0 %
Reningseffektivitet Tungmetaller	0 %
Mängd zink/år i området [kg]	6
Avskild mängd zink [kg]	0
Andel avskild zink	0 %
L05	
Föreslagen åtgärd	Avsättningsmagasin
Andel dagvatten som renas	100 %
Reningseffektivitet Tungmetaller	68 %
Mängd zink/år i området [kg]	14
Avskild mängd zink [kg]	9,52
Andel avskild zink	68 %
L06	
Föreslagen åtgärd	Damm
Andel dagvatten som renas	100 %
Reningseffektivitet Tungmetaller	65 %
Mängd zink/år i området [kg]	11
Mängd zink som når damm [kg]	7
Avskild mängd zink [kg]	4,55
Andel avskild zink	41 %
Total mängd zink i L02-L06 [kg]	59
Total mängd avskild zink [kg]	32,27
Total andel avskild zink	55 %

Bilaga 9: Berörda markägare för föreslagna alternativ

Vid eventuell anläggning av reningsåtgärder berörs ägare till den mark där åtgärderna föreslås. Här presenteras, för *Göteborgs Stads* räkning, information om markägare och förvaltare för de platser som i rapporten föreslås för reningsåtgärder. Uppdelningen nedan är gjord efter avrinningsområdena L02, L03, L05 och L06.

L02

För placering av reningslösningar hänvisas till Bilaga 3: Karta över L02.

I rapporten föreslås utbyggnad och utnyttjande av redan befintliga vattensamlingar väster om Gamlestadsvägen. I nuläget ägs denna mark av *Higab AB*. Fastighetsbenämningen är Hjällbo 55:1 och innefattar även den *Natura 2000*-skyddade bokskogen i området.

Som andra alternativ för avrinningsområde L02 står en damm i ett befintligt våtmarksområde öster om Gamlestadsvägen. Marken där ägs av *Göteborgs Stad* och förvaltas av *Park och Natur*.

L03

För placering av reningslösningar hänvisas till Bilaga 4: Karta över L03.

I rapporten föreslås en damm mellan spårvagnsspåren och gångvägen utmed Lärjeån. Marken där åtgärden föreslås ägs idag av *Göteborgs Stad* och förvaltas närmast spåren av *Trafiknämnden* och närmare gångvägen av *Fastighetsnämnden*. Den närliggande sänkan, som kan tänkas bli ett problem vid anläggning av en damm, förvaltas av *Fastighetsnämnden*. I anslutning till sänkan finns en privatägd fastighet, Hjällbo 63:2, som kan påverkas av den föreslagna åtgärden.

L05

För placering av reningslösningar hänvisas till Bilaga 6: Karta över L05.

I rapporten föreslås i första hand ett avsättningsmagasin under mark långt ner i dagvattenssystemet för behandling av allt dagvatten i området. *Göteborgs Stad* äger marken där anläggningen föreslås och förvaltningsansvaret innehas till största del av *Park och Natur*. Nära föreslagen placering finns två privatägda fastigheter, Hjällbo 1:7 och Hjällbo 1:3. Det är främst 1:3 som tros kunna beröras av den rekommenderade anläggningen, eftersom en del av den föreslagna platsen i nuläget används som parkeringsplats och infart till trädgården.

Fastigheterna Hjällbo 1:117 och Hjällbo 1:118 ligger precis norr om gångvägen och kan komma att beröras av anläggningen av ett avsättningsmagasin. I dagsläget förvaltas 1:117 av *Lokalnämnden* och 1:118 av *Fastighetsnämnden*. På 1:118 står idag ingen byggnad och enligt observation används platsen som rastplats för hundar.

L06

För placering av reningslösningar hänvisas till Bilaga 7: Karta över L06.

I rapporten föreslås utbyggnad och utnyttjande av en befintlig damm nära korsningen Gråbovägen-Angereds Storåsväg. Dammen ägs i dagsläget av *Trafikverket*, som även förvaltar Gråbovägen. I övrigt ägs områden kring föreslagen lösning av *Göteborgs Stad* och förvaltas av *Park och Natur*.