



# Översiktlig utvärdering av funktionaliteten av 26 dagvattenbiofilter



Implementering av dagvattenbiofilter i Sverige har ökat de senaste åren. Dock har det länge saknats dimensioneringsriktlinjer och filtrens utformning, dimensionering och konstruktion visar stora skillnader. Denna studie har på en översiktlig nivå undersökt funktionen och tillstånd av 26 svenska dagvattenbiofilter som har byggts mellan 2012 och 2019. Utifrån observationerna har vi sammanställt "typiska fel" och rekommenderar åtgärder för att förbättra funktionen. Syften med anläggningarna har jämförts med observationerna. Resultaten visar att många anläggningar har potential att uppfylla de uppsatta målen.

## **Förord**

Författarna tackar alla kommuner för sitt stöd vid utvärderingen av biofiltren.

Detta projekt har genomförts med stöd av VINNOVA inom projekten GrönNano3 (2018-00441) och Testbädd för fördröjning och rening av dagvatten (2016-02518).

Godecke Blecken, LTU

Ali Beryani, LTU

Ahmed Al-Rubaci, LTU

Maria Viklander, LTU

Alisha Goldstein, North Carolina State University, USA

William F Hunt, North Carolina State University, USA

## 1. INTRODUKTION

Urbanisering har lett till en ökning av hårdgjorda ytor, vilket har resulterat i högre dagvattenflöden och större volymer som påverkar recipienten och medför större risk för översvämningar. Dessutom innehåller dagvattnet ofta olika föroreningar (t.ex. tungmetaller, näringsämnen, organiska föroreningar, salt) vilka också påverkar recipienten om de släpps ut obehandlat (Walsh, 2000). Olika typer av dagvattenanläggningar har utvecklats för att fördröja och/eller rena dagvattnet (Fletcher et al., 2015). En teknik som implementeras i ökande grad i Sverige är dagvattenbiofilter (även kallad rain garden eller växtbäddar). Dessa kännetecknas av en nedsänkt filterbädd med underliggande dränskikt samt ett bräddöverfall för förbiledning av höga flöden. Biofiltret renar dagvattnet genom att låta den perkolera genom (ofta sandbaserade) filtermedier (Larm & Blecken, 2019). Filtermaterialets sammansättning är kritisk för reningen genom att stödja mikrobiell aktivitet, filtrera/adsorbera föroreningar och stödja vegetation (Fassman et al., 2013). Generellt har biofilter en yta mellan 2 och 6% av det bidragande avrinningsområdet (FAWB, 2009).

När de utformas, implementeras och underhålls korrekt kan biofilter uppnå ett antal mål (Asleson et al., 2009; Wardynski et al., 2012; Blecken, et al., 2017):

- Dagvattenrening
- Fördröjning
- Grundvattenpåfyllning
- Estetiskt inslag i stadsbilden
- Trafikdämpning
- Förbättring av mikroklimat, mm.

De relevanta målen är platsspecifika och måste bestämmas och prioriteras för att möjliggöra målspecifik design av biofilter.

Medan biofilter har utvecklats och installerats över hela världen i nästan tre decennier (Lau et al. 2000; Prince George's County 1993), har implementeringen av denna teknik i Sverige börjat långt senare; det första dagvattenbiofiltret installerades så sent som 2012 (Banach & Larm, 2012). Sedan dess har biofilter fått stort intresse för Sverige. Implementeringen av biofilter har ökat avsevärt och för närvarande planeras och / eller byggs ett mycket stort antal anläggningar över hela landet.

Ändå saknas det ofta praktisk erfarenhet av denna specifika teknik. Dessutom saknas nationella eller regionala designriktlinjer för biofilter. Således utformas varje filter på olika sätt av olika aktörer vilket leder till helt olika utformningar vilket kan påverka funktionen. Författarnas erfarenhet visar att design ofta kan baseras på mera slumpmässiga val av enskilda tjänstemän eller konsulter, ofta inte underbyggda av vetenskapliga bevis. Detta kan vara problematiskt för filtrens funktion, särskilt med tanke på de höga kraven på biofilterfunktion just i Sverige med tanke på det relativt kalla klimatet (kortare vegetationsperiod, användning av vägsalt, begränsat urval av växtarter, etc.) (Kratky et al., 2017; Lange et al., 2020).

Vidare, även om de är utformade på rätt sätt, kan biofilter inte fungera effektivt om inte byggnationen följer utformningen och om de inte kontrolleras och underhålls regelbundet (Wardynski & Hunt, 2012; Blecken, et al., 2017). Underhåll av biofilter avser bl. a. igensättning, erosion, vegetation och estetiskt utseende. Även försedimenteringssteg bör inspekteras för att förebygga igensättning. Byte av filtermedier måste ske relativt sällan beroende på olika faktorer (t.ex. förhållandet mellan avrinningsområdet och filterområdet, föroreningsbelastningar i dagvattnet).

## 1.1 Syfte och avgränsning

Medan omfattande forskning och utveckling har gjorts om biofilterutformning och -funktion i labb- och fältskala (den sistnämnda fokuserar främst på pilotanläggningar), finns endast lite utvärderingar om inspektion, underhåll och funktion av befintliga ”vanliga” biofilteranläggningar (Blecken, et al., 2017). Att även utvärdera dessa anläggningar är viktigt eftersom de ofta har dimensionerats utan lika stora insatser som pilotanläggningar och får ofta mindre uppmärksamhet.

Således utvärderar denna studie statusen för 26 biofilter över hela Sverige avseende deras funktionella design, förbehandlingssteg, vegetation, filtermaterialets sammansättning och tillstånd, infiltrationshastighet och underhållsbehov. Utifrån dessa indikatorer har vi utvärderat om biofiltren har potential att uppfylla de mål som respektive VA-huvudman har satt för anläggningen.

Syftet var inte att mäta dagvattenkvalitet i in- och utflöde för få anläggningar, utan att ge en översiktlig bild av ett större antal biofilter.

## 2. MATERIAL OCH METODER

### 2.1 Fallstudier

26 kommunala dagvattenbiofilter (Tabell 1) i 9 svenska kommuner har utvärderats. Anläggningarna fanns i Vellinge, Malmö, Lund, Ängelholm, Göteborg, Örebro, Tyresö, Stockholm och Uppsala. Filtren hade byggts mellan 2012 och 2018 och var därmed mellan 2 månader och 6 år gamla vid utvärderingen.

Tabell 1 sammanställer anläggningarnas egenskaper och syften som har satts upp för respektive anläggning av kommunen/operatören. Datat tillhandahölls av motsvarande kommunala operatör enligt designritningarna och/eller ett frågeformulär som skickats ut innan undersökningen. Tyvärr var de kommunala databaserna delvis ofullständiga och information kunde inte tillhandahållas för vissa kommuner. Målen som kommunerna angav och prioriterade för de olika anläggningarna varierade mellan platserna (tabell 1). De flesta anläggningar syftar till att fördröja toppflöden. För sex av 26 anläggningar prioriterades vattenrening.

Tabell 1. De 26 undersökta anläggningarna

Nr.	Avrinningsområde		Biofilter				
	Area (m <sup>2</sup> )	bebyggelse	Magasin-volym (m <sup>3</sup> )	Area (m <sup>2</sup> )	Area i % av avr.-område	Byggd	Ålder vid inspektion (år)
1	1900	Väg	48	165	8,68	2018	<1
2	3000	Väg/GC-väg	179	650	21,67	2015	3
3	4500	Väg, parkering	47	160	3,56	2018	<1
4	230	Tak	8	8	3,48	2017	2
5	230	Tak	8	8	3,48	2017	2
6	670	Tak	10	30	4,48	2016	2
7	310	Tak	10	26	8,39	2016	2
8	2700	Väg, tak	22	90	3,33	2017	<1
9	5000	Parkering, industriområde	70	200	4,00	2017	1
10	15000	Parkering	150	700	4,67	2015	3
11	N/A	Väg	okänd	208		2016	2
12	360	Väg	13	25	6,94	2016	2
13	1900	Väg,	4,5	15	0,79	2012	6
14	1800	GC-väg	3,3	11	0,61	2012	6
15	N/A	Väg, GC-väg	okänd	150		2013	5
16	N/A	Väg	okänd	75		2013	5
17	750000	Väg,	okänd	75	0,01	2015	3
18	1000000	parkering GC-väg	okänd	100	0,01	2015	3
19	330	Väg, GC-väg	22	100	30,30	2016	2
20	1250		okänd	300	24,00	2017	1
21	650		okänd	200	30,77	2017	1
22	N/A	Väg, GC-väg	okänd			2015	3
23	N/A		okänd			2015	3
24	N/A		okänd			2015	3
25	N/A		okänd			2015	3
26	N/A		okänd			2015	3

Alla biofilter har ett avrinningsområde som karakteriseras som nästan 100% hårdgjord (mest vägar, gator och parkeringar).

På vissa platser (dvs. plats nummer 1, 2, 3 och 10) fanns en serie biofilter längs vägen eller runt platsen. Det kumulativa området och volymen för alla biofilter på en webbplats finns i tabellen. För dessa platser med klustrade biofilter togs markbedömningar och infiltrationstester med en till tre representativa, slumpmässigt valda metoder beroende på antalet totala biofilter.

## **2.2 Parametrar och mätningar**

### **Provtagning av filtermaterial**

I juni 2018 samlades prover från filtermaterialen. Från varje filter togs tre delprov som blandades. Proverna analyserades avseende kornstorleksfördelning och innehåll organiskt material.

### **Mätningar av infiltrationskapacitet**

Vid inlopp, bräddbrunn och i mitten av filtret utfördes mätning av infiltrationskapaciteten med hjälp av Philip-Dunne (MPD) infiltrometrar. Denna metod följer ASTM-standardproceduren D8152 - 18 (ASTM, 2018), som rekommenderas av tillverkaren av MPD-infiltrometern (Upstream Technologies MPD Infiltrrometer).

#### **2.2.2 Visuell inspektion**

En checklista användes för att fastställa anläggningens allmänna status. Bedömning inkluderade att undersöka följande faktorer:

- Filtermaterial: kompaktering, ansamling av finsediment på ytan, erosion, igensättning vid inloppet
- Försedimentering: typ av förbehandling, underhåll, tecken på igensättning
- Vegetation: typ, tillstånd, underhåll
- Funktionell design: inlopp, bräddbrunn, utlopp (konstruktion och nivåer), tecken på stående vatten, avlagring av skräp

Dessa förhållanden är indikatorer på konstruktionsfel och/eller underhållsproblem som kan förhindra att biofiltret fungerar optimalt.

### 3. RESULTAT OCH DISKUSSION

#### 3.1 Måluppfyllelse med anläggningarna

Anläggningarna hade olika syften som de skulle uppfylla, dessa var vattenrening, fördröjning av ”vanliga” regn/dagvattenvolymer, översvämningsskydd, estetiska värden, grundvattenbildning och trafikåtgärder. I detta avsnitt sammanfattar vi hur dessa mål uppfylls av anläggningarna Tabell 2.

Tabell 2. Syften med filtren och uppskattad måluppfyllelse

Filter	Syfte					Uppskattad måluppfyllelse
	Rening	Volym-fördröjning	Fördröjning intensiva regn, översvämningsskydd	Grundvattenbildning	Utseende	
1	-	+++	++	-	+	Låg
2	-	+++	+++	-	-	Hög
3	++	+++	+++	+	++	Medel
4	++	+++	++	-	+	Mycket hög
5	++	+++	++	-	+	Mycket hög
6	++	+++	-	-	-	Mycket hög
7	++	+++	-	-	-	Hög
8	-	+++	-	-	++	Mycket hög
9	+++	++	-	-	++	Låg
10	+++	++	-	-	++	Medel
11	-	-	-	-	+++	Mycket låg
12	+++	-	-	-	-	Medel
13	++	+++	+++	-	-	Hög
14	++	+++	+++	-	-	Hög
15	-	+++	+++	-	-	Hög
16	-	+++	+++	-	-	Hög
17	-	++	+++	-	++	Medel
18	-	++	+++	-	++	Medel
19	+++	+++	+++	-	+++	Mycket hög
20	+++	+++	+++	-	+++	Mycket hög
21	+++	+++	+++	-	+++	Mycket hög
22	++	+	+	+	++	Medel
23	++	+	+	+	++	Låg
24	++	+	+	+	++	Medel
25	++	+	+	+	++	Medel
26	++	+	+	+	++	Medel

Ursprungligen var syftet med utvecklingen av dagvattenbiofilter att förbättra dagvattenkvaliteten innan det släpptes ut till recipienten. Detta var också ett (del)syfte för 18 av de 26 undersökta anläggningarna och för sex anläggningar prioriterades reningen högst (Tabell 2). För åtta anläggningar nämndes rening inte alls som mål.

I allmänhet har biofilter en hög reningspotential eftersom dagvattenföroreningar kan avlägsnas effektivt när de passerar genom filtermaterialet. Reningen sker genom olika fysikaliska, kemiska och biologiska processer. Vissa observationer indikerar bristande reningseffekt för de undersökta anläggningarna. Exempelvis kan kompakterade filtermaterial, ackumulerat sediment, skräp och/eller växtmaterial vid förbehandlingen eller på filtret samt konstruktionsfel minska biofiltrets förmåga för behandling av föroreningar. Dessa problem kan främst orsaka att en större andel vatten leds förbi filtret och därmed inte renas.

De flesta anläggningar (17 filter) syftar dock inte främst till att rena vattnet utan att minska max flöden och därmed översvämningssrisker. Biofilter är ofta inte dimensionerade för dessa höga flöden utan dessa bräddas (vilket inte är ett problem för reningseffekten). Magasineringsvolymen på den (nedsänkta) filterytan varierar vanligtvis mellan 0,1 och 0,3 m. Om bräddbrunnen inte är ansluten till en extra

fördröjningsvolym är biofilter i regel inte den bästa lösningen för fördröjning av max flöden vid kraftiga regn.

Förutom denna allmänna begränsning orsakade konstruktions- och/eller dimensioneringsfel vid flera platser att inte ens den redan begränsade ytmagasineringen kunde utnyttjas. Exempel för sådana fel var bräddbrunn på för låg nivå (t.ex. i botten av filtermaterialet) och/eller placerad direkt vid inloppet samt för hög nivå på filtermaterialer (och därmed ingen magasineringvolym. En del av anläggningarna där syftet var översvämningsskydd uppfyller därför inte sitt mål.

Tabell 3. Fem exempel för måluppfyllelse för valda biofilter. \*: bräddbrunn under filteryta, därför ingen magasinvolym

Filter	Magasinvolym			Syften	
	i m <sup>3</sup>	i mm nederbörd	Volym motsvarande 20 mm nederbörd	Fördröjning	Rening
A	7,3	2	90	+	++
B	9,7	1	270	+	++
C	3,2	8	8	++	-
D	0,3	<1	81	++	+
E	29,2	15	40	++	++
F	0	0 *	6,5	++	

Exempelvis tillhandahåller filter A och B i Tabell 3 endast ett magasinvolym för att fördröja ett regn motsvarande 1 och 2 mm. Huvudsyftet för dessa filter var vattenrening. Fördröjning var dock också prioriterad; kommer dock inte att kunna uppfyllas för de flesta regn. För filtren C, D och F var fördröjning huvudsyftet. Dessa anläggningar kunde dock endast ta hand om volymer motsvarande 0, <1 och 8 mm regn. I denna tabell betraktas endast ytvattensvolym, inte porvolym i filtermaterial, eftersom denna porvolym i regel inte kan användas i full utsträckning vid de (relativt korta) intensiva regn som orsakar höga flöden / översvämningar.

Estetiskt utseende är ett annat syfte som nämns (15 anläggningar i Tabell 1). Viktigt för utseendet av sådan grön infrastruktur är vegetationen. Undersökningen visade att det för några anläggningar fanns brister (t.ex. bevuxen vegetation, invasiv ogräs tillväxt, skräp eller ansamling av skräp och även odistribuerad vegetationstillväxt). Ett exempel på sådana brister är filtret som visas i figur 2f där estetiken prioriteras utan att anläggningen utmärker sig särskilt.

Grundvattenbildning är också ett av syften med anläggningarna. Ett problem som observerades är igensättning av ytan på filtermaterialet. Detta orsakar samma problem som nämns ovan i samband med reningen, dvs att mer vatten bräddas och därmed inte kan infiltreras.

I följande avsnitt kommer inspektionsresultaten, observerade problem och förbättringsförslag att diskuteras mer i detalj.

### 3.2 Filtermaterial

Kornstorleksfördelning (och därmed förhållandet mellan de olika fraktionerna grus, sand och silt) samt andel organiskt material var relativt jämförbara mellan filtren. Infiltrationsförmågan däremot skiljde sig rätt mycket mellan anläggningarna. Filtermaterialet hade i genomsnitt en komposition av 13,5±4,7% grus, 77,6±5,3% sand och 5,6±2,4% silt (medelvärde±standardavvikelse). Halten av organiskt material var mellan 4-7%.



Tabell 4. Filtermaterialsammansättning i jämförelse med internationella rekommendationer

	Resultat av denna studie	Rekommendationer			
		Washington DC, USA	Minnesota, USA	NC, USA	Moghadas et al, 2016; Søberg et al, 2016
<b>Grus (&gt;4mm)</b>	10-16%	-	-	-	-
<b>Sand (&gt;0.125mm - &lt;4mm)</b>	74-81%	80-90%	60-70%	75-85%	96-97%
<b>Silt (&lt;0.125mm)</b>	4-7%	10-20%	15-25%	8-10%	3-4%
<b>Organiskt material</b>	4-7%	3-5%	15-25%	5-10%	<2%

Filtermaterialets sammansättning är den viktigaste faktorn som påverkar vattenrening (Søberg et al., 2019). Filtermaterialegenskaperna från dessa 26 platser i Sverige är jämförbara till exempel med rekommendationer i olika del stater i USA (se tabell 2). För regioner med klimat med kalla vintrar (som i Sverige) har relativt grova filtermaterial rekommenderats för att underlätta infiltration under vintern även vid (luft)temperaturer under 0°C (Moghadas et al, 2016; Zhao & Gray, 1999). Moghadas et al. (2016) och Søberg et al. (2016) rekommenderar en silthalt (<0,125 mm) under 3-4% för biofilter under skandinaviska förhållanden vilket är mycket lägre än det rekommenderade siltinnehållet, t.ex. i USA (tabell 2). Det upptäckta siltinnehållet i denna studie var alltid högre än de låga rekommendationerna (tabell 2). I vissa filter överskrider de tydligt, t.ex. filter 4, 8, 9 och 12 har en silthalt runt 20%. Enligt Moghadas et al. (2016) innebär detta en risk för funktionen på grund av begränsad infiltration och därmed mer bräddning särskilt under vintersäsongen där rening är viktig på grund av relativt höga föroreningsnivåer i dagvatten (Oberts et al., 2000).

Filtermaterialen tenderar att ha en relativt hög andel grus. Flera biofilter hade ett topplager med flera centimeter grus ovanpå filtermaterialet. Sannolikt har de höga grushalterna ingen märkbar effekt på biofilterfunktionen. Ett grusskikt på filtret gör det svårare att få tillförlitliga resultat för infiltrationstest på grund av horisontellt flöde i grusskiktet. Detta var inte bara en utmaning i denna studie utan är det också för operatörernas rutinmässiga infiltrationskontroller.

### 3.3 Infiltrationskapacitet

Infiltrationskapaciteten varierade mycket mellan de olika anläggningarna från 30-962 mm/tim. Det finns ingen svensk rekommendation gällande infiltrationskapacitet, men i allmänhet rekommenderas infiltrationshastigheter på 12,5-300 mm/tim (Fassman et al., 2013). De observerade infiltrationshastigheterna ligger ofta långt över dessa rekommenderade värden.

En hög infiltrationshastighet kan bidra till dagvattenfördröjning eftersom porvolymen i filtermaterialet kan fyllas snabbt och därmed fungera som magasinvolym även vid höga flöden. Å andra sidan minskar en hög infiltrationshastighet kontakttiden mellan vattnet och filtret vilket skulle kunna påverka reningseffekten negativt. Resultat från biofilter med hög infiltrationskapacitet upp till 1000 mm/tim (på grund av ett mycket lågt innehåll av fint sediment i filtermediet) visar dock att även dessa material kan uppnå effektiv metall- och fosforrening (Blecken, 2011; Søberg et al., 2020) på grund av fortfarande effektiv avskiljning av sediment och därmed partikelbundna föroreningar och relativt snabba metalladsorptionsprocesser (Søberg et al., 2019).

Förändring av infiltrationskapaciteten över tid kan användas som ett riktmärke för att bedöma biofilters funktion över tid. Tyvärr fanns inga infiltrationsresultat för de nybyggda anläggningarna tillgängliga för att bedöma i vilken utsträckning konduktiviteten har förändrats.

Den stora variationen av infiltrationskapaciteten kan inte endast härledas av olika filtermaterial. Andra (externa) faktorer påverkar permeabiliteten. T ex. får biofilter med en relativ stor ansluten avrinningsyta en stor koncentration av sediment som kan försämra infiltrationen över tid (Le Coustumer et al, 2009). Ett sådant samband kunde dock inte visas i denna studie. Storleken och tillståndet på försedimenteringen påverkar ackumulation av sediment på biofiltret (Blecken et al, 2017). Resultaten indikerar att filter med relativt låg infiltrationskapacitet (dvs. platser nr 10-14 och 17-18) hade ingen eller sämre fungerande försedimentering (dvs. ansamling av sediment mm. i försedimenteringen eller nära inloppet). Biofilter som omhändertar takavrinning (nr 4, 5, 6, 7) visade en relativt hög infiltrationskapacitet vilket förklaras med den vanligtvis mindre sedimentbelastningen av takavrinning jämfört med t ex. vägdagvatten. Utformningen av biofilter och försedimenteringen bör därför ta hänsyn till avrinningsområdets karaktär.

### 3.4 Filtermaterial

Majoriteten av biofiltret hade inga tecken på jordskorpor som indikerar dålig dränering. Sju av biofiltren (nr 10-14, 17 och 18) hade synligt kompakterade filtermaterial vilket korrelerade med låg infiltrationsförmåga. Kompaktering av filtermaterialet upptäcktes främst vid biofilter med lågt sandinnehåll och hög andel silt i filtermaterialet. Detta tyder på att filtermaterial har, åtminstone till viss del, en effekt på kompaktering. Till exempel blir material som består av ungefär lika kornstorlek potentiellt mindre kompakterade än material med mera varierande kornstorlek där mindre partiklar kan fylla mellanrum mellan större partiklar vilket ökar densiteten.

Detta understryker igen vikten av ett noggrant urval av filtermaterial. Som diskuterats ovan rekommenderas för biofilter i klimat med kalla vintrar som i Skandinavien relativt grova filtermaterial eftersom de underlättar infiltration även i frusen jord (Moghadas et al., 2016). Förutom denna fördel minskas också risk för kompaktering och därmed ännu mindre infiltrationskapacitet och större risk för stående vatten i filtret vilket kan frysa under vintern.



Figur 1. (a) Biofilter med avlagring av byggavfall. (b) grusyta som del av avrinningsområde till ett biofilter (filtrets placering visas av den vita cirkeln). (c) byggarbete som bidrar med mycket sediment till biofiltret

Ett annat problem som observerats vid flera anläggningar var sediment och/ eller skräp i närheten av filtret vilket riskerar hamnar i anläggningen och bidra till igensättning. I biofiltret som visas i Figur 1(a) har byggavfall hamnat i biofiltret. Intill anläggningen fanns resterna av en tidigare hög med avfall. Liknande gäller för filtret som visas i Figur 1(b). Här är avrinningsområdet närmast filtret en sand-/grusyta som kan bidra med stora mängder sediment i dagvattnet. Sådant bör undvikas.

Den visuella inspektionen av biofiltermaterialet validerade de uppmätta hydrauliska konduktivitetens värdena och gav stöd för vikten av korrekt dimensionerad och installerad förbehandling och val av lämpliga filtermaterial. Dessutom är det mycket viktigt att skydda biofilter när byggarbete sker i närheten för att förhindra att stora mängder sediment hamnar i anläggningen (som i Figur 1(c)). Om biofiltret är en del av en större byggnation bör filtret byggas sist.

### 3.5 Inlopp och försedimentering

Dagvatten kan antingen ledas direkt in i filtret eller via en försedimentering. Försedimentering rekommenderas eftersom det kan minska risk för igensättning och underhållsbehov genom att minska ansamling av finsediment på filtermaterialet (Blecken et al., 2017). Med undantag av sju platser (nr 11, 12 och 22-26) fanns någon form av förbehandling. Dessa varierade mycket mellan anläggningarna och Figur 2 visar representativa exempel. Studien visar att även anläggningar med försedimentering kan ha tecken på igensättning (t.ex. på grund av bristande underhåll eller höga sedimenthalter i det inkommande dagvattnet) medan andra med liten eller ingen förbehandling fortfarande visade tillräcklig infiltrationskapacitet.

Synligt visade stänkplattan och droppinloppen de största mängderna med sedimentuppsamling. Den enklaste utformningen av inloppet var en betongränna (Figur 2(a)) som leder dagvattnet till filtret. Detta resulterade i ansamling av sediment främst vid rännans ände. Med tiden kan detta leda till igensättning som observerats vid fem av tio filter (nr 13-14 och 19-21) som hade denna typ av inloppskonstruktion. Liknande problem kan uppstå vid inloppet som visas i Figur 2(c).

Biofiltret som visas i Figur 2(b) använder en ränna fylld med grövre sten för att fördela dagvattnet och avlägsna en del sediment innan det når filterytan. Detta biofilter hade en hög infiltrationskapacitet och ansågs vara i gott skick. En utmaning med denna konstruktion är dock att avlägsna fångat sediment vid underhåll med tanke på den stenfyllda rännan.

Försedimenteringen i Figur 2(d) innehöll mycket sediment (ca 15 cm vid platsbesöket) vilket tyder på att den uppfyller sin funktion. Trots detta var den uppmätta infiltrationskapaciteten låg. Anledningen är sannolikt att anläggningen tar emot mycket sediment pga. pågående byggarbete längs gatan vid tidpunkten för inspektionen (Figur 1(c)). En tidigare undersökning visade effektiv och väl underhållen försedimentering under "normala" förhållanden (dvs ingen konstruktion pågår; Eklund 2020). En liknande försedimentering visas i Figur 2(e). Även denna verkar fånga sediment effektivt

Figur 2(f) visar ett biofilter utan någon förbehandling. Biofiltret låg nära flera nyligen avslutade byggprojekt. Skräp och sediment var synligt på filterytan. Filtermaterialet var mycket kompakterat.



Figur 2. Olika typer av inlopp och försedimenteringar

### 3.6 Vegetation

Vegetationen bidrar både till biofiltrens funktion genom att upprätthålla infiltrationskapaciteten och bidra till reningsprocesser (LeCostumer et al. 2009; Lange et al. 2020) och till anläggningarnas estetik. Generellt såg vegetationens status i de flesta anläggningarna tillfredsställande ut (Figur 3(c) och d). Endast få anläggningar saknade vegetation eller vegetationen som fanns var i dåligt skick (Figur 3(a) och (b)). Tyvärr fanns för majoriteten av anläggningarna ingen planteringsplan så att den vegetation som fanns vid inspektionen inte kunde jämföras med den ursprungligen tänkta vegetationen.



Figur 3. Vegetation i biofilter

### 3.7 Funktionell design

Den funktionella designen avgör om anläggningen har potential att fungera som effektivt. Flera funktionella problem observerades som sammanfattas nedan.

I biofiltret i Figur 4(a) innehöll endast området inom träramen biofiltermedia. Området längs kantstenen hade fyllts med 6 cm grus ovanför en asfaltyta. Sannolikt infiltrerar vattnet redan i detta grus och rinner in i filtret på den underliggande asfalten.

Avgörande för biofilterfunktionen är att inloppskonstruktionen har tillräcklig kapacitet att leda dagvatten till biofiltret. På anläggningen som visas i Figur 4(b) leds dagvattnet i en ränna mot biofiltret. Sannolikt är dock öppningen i kantstenen för liten för att kunna leda allt vatten in i anläggningen. Dessutom har löv och skräp samlats i den relativt lilla öppningen som minskar flödeskapaciteten ytterligare. Liknande gäller för anläggningen som visas i Figur 4(b). Dessa typer av öppningar (observerade på endast tre platser # 12 och # 17-18) är dessutom inte lätta att underhålla eftersom de är svåra att komma åt och bör undvikas när det är möjligt.

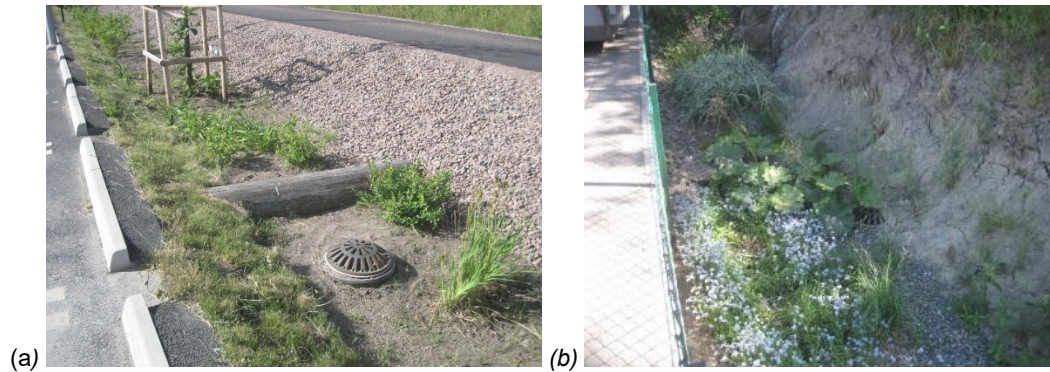
Et annat designfel som observerades på fem platser (# 3, # 9, # 11-12 och # 18) var placeringen av bräddbrunnen. Såsom visas i Figur 4(c-f) placerades bräddbrunnen direkt på filterytan och i en lägre höjd än inloppen. Denna design utesluter magasinering på filtret och minimerar magasinvolymen. Sannolikt kommer en stor del av dagvattnet (främst vid kraftigare regn) inte infiltrera i filtermaterialet utan brädda direkt.



Figur 4. Illustrationer av olika fel/problem som observerats

Vid sju anläggningar (nr 1, 3, 9, 11-12 och 17-18) fanns ingen magasinvolym ovanpå filterytan, t ex. Figur 4(g-h).. Även om själva filtermaterialet har tillräcklig porvolym kommer inte vattnet att infiltrera vid kraftiga regn och/eller höga flöden.

Anläggningarna 9 och 10 hade ganska branta släntlutningar. På platsen som visas i Figur 5(a) var slänten täckt med grus, ingen erosion observerades. Filtret i Figur 5(b) visade däremot relativt omfattande erosionsskador. Med tiden har sediment från slänten ackumulerats på biofilterytan där det orsakar igensättning. Att stabilisera banken är en fråga som måste åtgärdas för att återställa detta biofilters funktionalitet.



Figur 5. Biofilter med branta släntlutningar

#### 4. SLUTSATS

Det finns fortfarande ingen specifik svensk riktlinje för design av bioretention i Sverige vilket illustreras av de mycket olika lösningarna som hade hittats vid dimensionering och utformning av biofiltren i denna studie. Medan vissa anläggningar verkar vara i god status och väl utformade sågs ett eller flera problem i flertalet anläggningar. Inspektionerna avslöjade både konstruktions- och underhållsbrister såsom låga magasinvolym, kompaktering av filtermaterial, igensättning, för mycket ackumulation av sediment och skräp i försedimenteringen och/eller biofiltret i sig, samt otillfredsställande vegetation.

Vissa anläggningar utformades till och med i strid med deras mål: t.ex. ansågs översvämningsskydd vara målet för några anläggningar som saknade magasinvolym eller ett tillräckligt stort inlopp. Detta understryker att kvalitetskontroll av design, konstruktion och underhåll är särskilt viktigt när inga riktlinjer finns.

Cirka hälften av de biofilter som undersöktes i hela Sverige verkade vara funktionella. Resterande anläggningar krävde underhållsåtgärder (avlägsna sediment och skräp från filtret eller försedimenteringen, omplantering av växter, mm.). För ca 10 anläggningar rekommenderas ombyggnation (t ex nedsänkning av filterytan, förstoring av inloppet, rätt höjdsättning av bräddbrunn, byte av filtermaterial) för att uppfylla kraven.

## REFERENSER

- Asleson, B. C., Nestingen, R. S., Gulliver, J. S., Hozalski, R. M., & Nieber, J. L. (2009). Performance Assessment of Rain Gardens 1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 45(4), 1019-1031.
- Banach, A., & Larm, T. (2012). Design of curb extensions in Tyresö. Report by Sweco Enviroment AB, Stockholm, Sweden.
- 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 and Soil Pollution*, 219(1-4), 303-317.
- Blecken, G. T., Hunt III, W. F., Al-Rubaei, A. M., Viklander, M., & Lord, W. G. (2017). Stormwater control measure (SCM) maintenance considerations to ensure designed functionality. *Urban Water Journal*, 14(3), 278-290.
- Fassman, EA, Simcock, R, Wang, S, (2013). Media specification for stormwater bioretention devices, Prepared by Auckland UniServices for Auckland Council. Auckland Council technical report, TR2013/011.
- Fletcher, T. D., Shuster, W., Hunt, W. F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., Trowsdale, S., Barraud, S., Semadeni-Davies A., Bertrand-Krajewski, J., Mikkelsen, P. S., Rivard, G., Uhl, M., Dagenais, D., and Viklander, M. (2015). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, 12(7), 525-542.
- FAWB (2009). Guidelines for Filter Media in Biofiltration. Facility for Advancing Water Bioretention, Monash University, Melbourne, Australia.
- Kratky, H., Li, Z., Chen, Y., Wang, C., Li, X., Yu, T., 2017. A critical literature review of bioretention research for stormwater management in cold climate and future research recommendations. *Frontiers of Environmental Science and Engineering* 11 (4), 16.
- Lange, K., Viklander, M., Blecken, G-T. (2020). Effects of plant species and traits on metal treatment and phytoextraction in stormwater. *Journal of Environmental Management* 276; 111282.
- Larm, T, Blecken, G (2019). Rekommendationer for utformning av dagvattenanläggningar. SVU rapport 2019-20.
- Lau, Y.L., Marsalek, J., & Rochfort, Q. (2000). Use of a biofilter for treatment of heavy metals in highway runoff water. *Water Qual. Res. J. Can.*, 35(3), 563-580
- Le Coustumer, S., Fletcher, T.D., Deletic, A., Barraud, S., Poelsma, P. (2009). The influence of design parameters on clogging of stormwater biofilters: A large-scale columns study. *Water Research*, 46(20), 6743-6752.
- Moghadas, S., Gustafsson, A.-M., Viklander, P., Marsalek, J., Viklander, M. (2016). Laboratory study of infiltration into two frozen engineered (sandy) soils recommended for bioretention. *Hydrological Processes* 30(8), 1251-1264.
- Oberts G.L., Marsalek, J., Viklander, M. (2000). Review of water quality impacts of winter operation of urban drainage. *Water Quality Research Journal of Canada*. 35(4), 781-808.
- Prince George's county (1993). Design manual for the use of bioretention in stormwater management. The Prince George's County, Maryland, USA.
- Søberg, L., Viklander, M., Blecken, G-T. (2016). Do salt and low temperature impair metal treatment in stormwater bioretention cells with or without a submerged zone? *Science of the Total Environment* 579, 1588-1599.
- Søberg, L., Winston, R., Viklander, M., Blecken, G-T. (2019). Dissolved metal adsorption capacities and fractionation in filter materials for use in stormwater bioretention facilities. *Water Res.* X, 4, 100032.
- Søberg, L., Al-Rubaei, A, Viklander, M., Blecken, G-T. (2020). Phosphorus and TSS Removal by StormwaterBioretention: Effects of Temperature, Salt, and a Submerged Zone and Their Interactions. *Water Air and Soil Pollution*, 231:270.
- Wardynski, B. J., & HUNT, W. F. (2012). Are bioretention cells being installed per design standards in North Carolina? A field study. *Journal of environmental engineering*, 138(12), 1210-1217.
- Walsh, C.J., 2000. Urban impacts on the ecology of receiving waters: a framework for assessment, conservation and restoration. *Hydrobiologia*, 431 (2), 107-114.
- Zhao, L.T. & Grey, D.M. (1999). Estimating snowmelt infiltration into frozen soils. *Hydrological Processes*, 13, 1827-1842.