

FÖRORENINGSREDUKTION OCH FLÖDESUTJÄMNING I MAKADAMMAGASIN – EN STUDIE AV ETT MAKADAMMAGASIN I KUNGSBACKA

Pollutant Removal Efficiencies and Flow Detention of Infiltration Trenches – An Investigation of an Infiltration Trench in Kungsbacka

av ERIKA NILSSON, Norconsult AB, Box 8774, 402 76 Göteborg
e-post: erika.nilsson@norconsult.com



Abstract

Infiltration trenches are commonly applied for treatment of urban stormwater. However, the opinions whether their main purpose is to detain peak flows or to reduce pollutant loads of urban stormwater, are varying. In Sweden, there is also a lack of accurate data of the pollutant removal efficiencies and the results of the performed studies are varying a lot. For this reason, Norconsult AB in cooperation with Chalmers University of Technology initiated a Master Thesis project with the purpose to investigate the flow detention and pollutant removal of infiltration trenches. An infiltration trench at a parking lot in Kungsbacka has been investigated during the spring and summer of 2012. In total seven rain events have been analyzed. The results show that the infiltration trench has an average removal efficiency of 80 % for suspended solids, approximately 50 % for total inorganic nitrogen and all removal efficiencies for heavy metals were over 50 %. Zinc, lead, copper and chromium have removal efficiencies of 70–80 % while cadmium and nickel have removal efficiencies of 50–60 %. The observed flow hydraulics showed good flow detention since the outflow hydrographs were generally lower than the inflow hydrographs for all storm events. The conclusion is that the infiltration trench has good pollutant removal efficiencies, and most likely well-functioning flow detention. Due to that seven storm events have been analyzed, the result is considered to be statistically reliable.

Key words – infiltration trenches, SUDS, urban stormwater drainage, pollutant removal, flow detention, suspended solids, heavy metals, nutrients, flow weighted sampling, EMC

Sammanfattning

Makadamdiken eller makadammagasin är väl använda tekniker för att omhänderta dagvatten i urbana områden. Åsikterna går dock isär huruvida deras huvudsakliga syfte är att fördröja eller rena dagvatten. I Sverige har det dessutom hittills saknats relevanta siffror på hur effektiva makadammagasin är på att rena och fördröja dagvatten och de få studier som gjorts visar på stora variationer. För att få en bättre grund att stå på, initierade Norconsult AB i samarbete med Chalmers tekniska högskola ett examensarbete med syfte att undersöka flödesutjämningen och reningsförmågan i makadammagasin. Ett makadammagasin på en parkeringsplats i Kungsbacka har undersökts under våren och sommaren 2012. Totalt har sju regntillfällen analyserats med avseende på parametrarna suspenderad substans, tungmetaller samt kväve och fosfor. Resultatet visar att makadammagasinet har en genomsnittlig reningsgrad över 80 % för suspenderad substans, cirka 50 % för kväve och samtliga reningsgrader för tungmetaller var över 50 %. Zink, bly, koppar och krom hade reningsgrader runt 70–80 % medan kadmium och nickel hade reningsgrader runt 50–60 %. Resultatet avseende flödesutjämningen presenteras i hydrografer och visar en god flödesutjämning eftersom utflödeshydrograferna generellt har betydligt lägre toppar än inflödeshydrograferna. Slutsatsen är att makadammagasinet har en god reningsförmåga samt förmodligen god flödesutjämning och resultatet bedöms vara statistiskt säkert.

Inledning

Behovet av hållbara dagvattenlösningar har ökat markant, dels för att kunna hantera framtida klimatförändringar med ökad nederbördsvolym och dels för att utsläppskraven till recipienter har skärpts för att upprätthålls god ekologisk status. Urbana områden kan innehålla höga koncentrationer av en mängd olika föroreningar då där finns många olika föroreningskällor såsom fordon och avgaser, byggnader, asfalterade ytor samt industrier. Föroreningarna kan utgöras av tungmetaller, näringsämnen, suspenderad substans samt organiska föroreningar och de kan förekomma som partiklar, kolloider eller i löst form. Föroreningarnas koncentrationer kan variera stort beroende på olika faktorer såsom typ av regn och markens beskaffenhet. Dagvattnet i dessa områden når slutligen alltid en recipient, vilket antingen kan vara ett vattendrag eller ett reningsverk. Det är därför viktigt att minimera mängden föroreningar, dels för att skydda vattendragen och dels för att minska belastningen på reningsverken.

Makadamdiken och makadammagasin är väl använda tekniker för ett hållbart omhändertagande av dagvatten eftersom fördröjningen och reningen sker genom infiltration eller adsorption. De kan ha olika utformning beroende på var de anläggs och rådande jordartsförhållanden. Makadamdiken kan vara utformande som stenfyllda diken, vilka ofta är placerade längs med vägar och gator för att omhänderta vägavrinningen. En annan vanligt förekommande utformning är att anlägga stora underjordiska magasin som är fyllda med makadam, vilka brukar benämnas makadammagasin och anläggs ofta under stora asfalterade ytor som exempelvis parkeringsplatser. Vid goda jordartsförhållanden och då makadamdiket är anlagt ovanför grundvattenytan kan dagvattnet efter infiltration i makadamdiket antingen perkolera ut till omkringliggande mark eller ledas vidare i dräneringsledning. Vi sällre förhållanden måste makadamdiket tätas, exempelvis med geotextil och dagvattnet leds in och ut ur magasinet genom dräneringsrör.

Trots det faktum att makadamdiken är en väl använd teknik för hållbar dagvattenhantering har deras förmåga att rena och fördröja dagvatten undersökts till en väldigt liten utsträckning till skillnad från dagvattenvattendam-

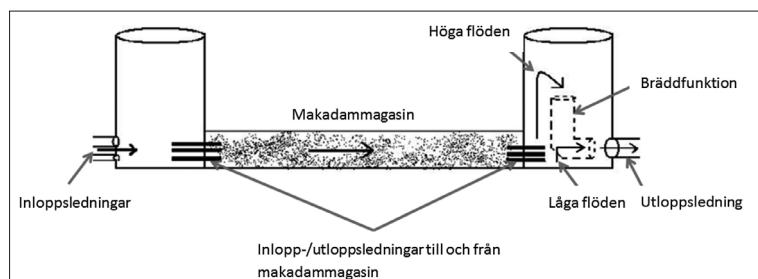
mar som är väl undersökta både internationellt och under svenska förhållanden. Åsikterna går dessutom isär huruvida makadamdikens huvudsakliga syfte är att fördröja dagvatten eller minska föroreningsbelastningen. Majoriteten av de studier som har gjorts är från andra delar världen, det är enbart Trafikverket som gjort en studie under svenska förhållanden. Studierna varierar till stor grad med avseende på resultat och omfattning, till exempel anger Trafikverket (2011) att reningsgraden för koppar kan variera mellan 10–90 %.

På grund av att makadamdiken har undersökts i så pass liten utsträckning och att deras reningsgrader har visat sig variera stort initierade Norconsult AB tillsammans med Chalmers tekniska högskola ett examensarbete med syfte att mäta makadamdikens reningseffektivitet under svenska förhållanden och få fram ett bättre underlag på reningsgrader och flödesutjämning för makadamdiken. Syftet med den här artikeln är att sammanfatta och presentera resultatet för dessa mätningar som kopplade under våren och sommaren 2012.

Metod

Ett makadammagasin beläget under en parkeringsplats tillhörande ett handelsområde i Kungälv, söder om Göteborg, undersökts. Parkeringsplatsen inrymmer totalt cirka 600 parkeringsplatser. Makadammagasinet anses vara tätt, det vill säga det dagvatten som leds in i magasinet leds också ut. Det har ett avrinningsområde som uppgår till 1,2 ha och utgörs av asfalt. Till makadammagasinet rinner dagvatten från en yta som utgör 10 % av avrinningsområdets totala yta, det vill säga 0,12 ha.

Makadammagasinet har dimensionerats baserat på ett 2-års regn med 4 timmars varaktighet. Dess totala volym uppgår till 588 m³ och dess fyllning har en porositet på ca 30 % vilket resulterar i en effektiv volym på 176 m³, det vill säga den volym som magasinet kan lagra. Under dimensionerade förutsättningar, alltså vid ett 2-års regn med 4 timmars varaktighet kan makadammagasinet omhänderta en inkommande volym på 243 m³. Dessa värden har använts för att analysera makadammagasinet flödesutjämning, vilket kan ses i Tabell 5. Makadammagasinet illustreras schematiskt i Figur 1.



Figur 1. Schematisk illustration av det undersökta makadammagasinet.

Tabell 1. *Karaktäristisk för de sju analyserade regnen.*

Regn	Datum	Varaktighet [h]	Torrdagar innan regn	Regndjup [mm]	Återkomsttid [år]
Regn 1	2012-04-13	2,3	2	5,2	> 0,08*
Regn 2	2012-04-21	0,7	1	1,8	> 0,08*
Regn 3	2012-05-09	15	13	12	0,1
Regn 4	2012-05-10	7	1	22	0,7
Regn 5	2012-06-10	3,5	23	4,9	> 0,08*
Regn 6	2012-06-16	2	6	5,2	0,1
Regn 7	2012-06-22	7	4	10	0,1

*Återkomsttiden är mindre än en månad.

Dagvattnet som passerat makadammagasinet leds sedan ut i en Ø315 mm ledning. Utloppsbrunnen är också försedd med ett bräddnings- och strypningsrör med syfte att strypa det utgående dagvattnet vid stora flöden för att uppnå kravet på ett maximalt utflöde på 6,17 l/s. Denna strypning har i det här fallet lyfts bort för att ge utrymme för mätutrustning.

Inkommande och utgående dagvatten i makadammagasinet har analyserats. Sju efterföljande regntillfällen under perioden april till juni, år 2012, har analyserats. Dessa är sammanfattade i Tabell 1.

De fem första regnen har ingått inom ramarna för examensarbetet och alla resultat för dessa regn är presenterade i examensarbetet av Nilsson och Stigsson (2012). För att erhålla mer statistisk data bedrev Norconsult AB två fortsatta mätningar. Metoden som tillämpats är flödesproportionell provtagning. Fördelarna med flödesproportionell provtagning är att hela regntillfället blir representerat jämfört med stickprovtagning som bara tar en del av regnet. Föroreningsbelastningen varierar med dagvattenflödet som snabbt kan variera i storlek, exempelvis är den större vid högre flöden och genom att använda sig av flödesproportionell provtagning tas det hänsyn till alla variationer.

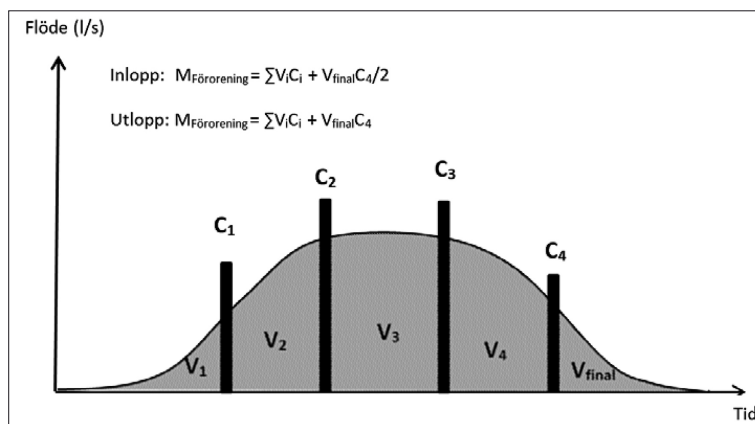
För kunna erhålla vattenprover har provtagare av modell ISCO 6700 och ISCO 3700 placerats i inlopps- och

utloppsbrunnarna. I utloppsbrunnen fick bräddnings- och strypröret monteras bort innan mätningarna påbörjades för att ge plats åt provtagarutrustningen. Detta medförde att allt dagvatten som passerade magasinet direkt gick till utloppsröret på Ø315mm vid alla flöden. Båda provtagarna hade också en sil för att ta bort de grövsta partiklarna i inlopps- och utloppsledningarna. Silarna var sedan kopplade med en slang till provtagaren som tog upp vattenprover. För att kunna genomföra en flödesproportionell provtagning var provtagarna kopplade till en flödesmätare som gav signal till provtagaren att ta vattenprov efter att en viss volym dagvatten passerat. Flödet registrerades av en tryckgivare som placerades i motsatt flödesriktning i inlopps- respektive utloppsledningarna.

Analys och beräkning

Efter att vattenprover tagits har vattenkvaliteten undersökts med avseende på tungmetaller, suspenderad substans samt kväve och fosfor. Undersökning av suspenderad substans har utförts på miljökemiska laboratoriet på Chalmers tekniska högskola i Göteborg. Tungmetaller har analyserats med ICP-MS. Konservering av prover har gjorts på Chalmers och därefter har proverna skickats för vidare analys till Alcontrols laboratorium i Linköping. Kväve- och fosfatjoner har analyserats för de fyra

Figur 2. *Illustration av kumulativ föroreningsberäkning.*



Tabell 2. Beräknade EMC för inkommande dagvatten.

	Regn 1	Regn 2	Regn 3	Regn 4	Regn 5	Regn 6	Regn 7	Medel
TSS [mg/l]	255	267	124	72	30	38	33	117
VS [mg/l]	42	60	26	21	13	16	17	28
TIN [mg/l]	1,9	2,0	2,0	2,2	–	–	–	2,0
Zn [µg/l]	299	560	120	92	55	193	95	202
As [µg/l]	1,2	2	0,5	0,4	0,2	0,77	0,39	0,8
Pb [µg/l]	13	26	3,4	3,9	1,7	8,3	16	11,5
Cd [µg/l]	0,2	1	0,2	0,8	0,07	0,3	1	0,5
Co [µg/l]	5,5	10	1,5	1,6	0,6	2,70	1,4	3,3
Cu [µg/l]	56	127	64	31	15	77,5	29	57
Cr [µg/l]	13	22	3,0	4,2	1,7	6,69	3,40	7,7
Ni [µg/l]	10	18	4,5	3,9	2,7	8,8	4,4	7,5
V [µg/l]	18	38	6,9	5,7	4,3	15,4	7,6	13,7

första regnen på Chalmers miljökemiska laboratorium. De uppmätta halterna visades vara så pass låga att vidare analyser inte ansågs nödvändiga.

För att få fram representativa koncentrationer i in- och utgående dagvatten har kumulativa föroreningsberäkningar tillämpats, vilket är illustrerat i Figur 1. Koncentrationerna, C, har som tidigare nämnts uppmätts genom flödesproportionell provtagning och varje uppmätt koncentration representerar en delvolym. I vissa fall har samlingsprov gjorts och eftersom ett samlingsprov motsvarar ett helt regn har den uppmätta koncentrationen då multiplicerats med hela volymen och stapeln har hamnat i slutet av regnet.

Baserat på de beräknade föroreningsmassorna har Event Mean Concentrations, EMC, beräknats och därefter har föroreningsrensningens grader, R, tagits fram med hjälp av ekvation 1 och 2.

$$EMC = M/V = \Sigma CtQt\Delta t / \Sigma Ct\Delta t \quad (1)$$

Där M är föroreningsmassa [mg], V är volym [l], C är koncentration [mg/l], Q är flöde [l/s] och t är tid [s].

$$R = 100(\text{Min} - \text{Mut}) / \text{Min} \quad (2)$$

Där R är reduktion [%], M är föroreningsmassa [mg].

Resultat reningseffektivitet

Tabell 2 visar framräknade EMC för samtliga sju regn-tillfällen avseende inkommande dagvatten. Dessa koncentrationer har jämförts med koncentrationer typiska för urbant dagvatten i Göteborg (Pettersson, 1996). Kvaliteten i det inkommande dagvattnet i makadammasinet i Kungsbacka stämmer överens med de jämförda värdena.

Tabell 3. Beräknade EMC för utgående dagvatten. Koncentrationer i kursiv stil överstiger rekommenderade gränsvärden för dagvattenutsläpp.

	Regn 1	Regn 2	Regn 3	Regn 4	Regn 5	Regn 6	Regn 7	Medel
TSS [mg/l]	46	25	10	15	7,2	38	33	28
VS [mg/l]	10	7,4	8,1	7,3	5,2	16	0,9	7,8
TIN [mg/l]	0,9	2,4	0,76	1,1	–	–	–	1,3
Zn [µg/l]	68	65	32	30	35	60	3,3	42
As [µg/l]	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2
Pb [µg/l]	2,3	0,6	1,2	1,0	0,8	1,7	1,3	1,3
Cd [µg/l]	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	7,1	0,2	1,1
Co [µg/l]	1,1	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5
Cu [µg/l]	12	21	13	12	18	26	31	19
Cr [µg/l]	2,4	0,7	1	1	1,1	1,9	4,8	1,8
Ni [µg/l]	4,4	6,8	2,6	2,0	4,1	4,1	0,2	3,5
V [µg/l]	3,2	1	2	1,4	2,4	3,8	4,2	2,6

Utgående dagvattenkvalitet har utvärderas genom att jämföra med föreslagna riktvärden för utsläpp av dagvatten till recipienter. De riktvärden som används är framtagna av Riktvärdesgruppen (2009). I stort sett ligger alla EMC under jämförda utsläppsgränser, de värden som överstiger är markerade i Tabell 3. Dock är alla medelkoncentrationer under riktvärdena förutom koppar som ligger precis på gränsen.

Baserat på de framräknade EMC-värdena har reningsgrader beräknats, vilket kan ses i Tabell 4. Den överlag högsta reduktionen har uppmätts för total suspenderad substans (TSS) som varierat mellan 75–92 %. Reduktion av VS har generellt varit 10 % lägre än reduktionen av TSS. De lägsta reningsgraderna har uppmätts för kväve som i medel hade en reningsgrad på 47 %.

Kvävereduktionen har dock varierat för alla regntillfällen och hade till och med en negativ reduktion för regn 2, det vill säga att inkommande dagvattenkoncentrationer var lägre än utgående. Att vissa reduktioner blir negativa beror på skillnader i regnvolymer och antal torrdygn, vilket är normalt för dagvatten i urban miljö.

Samtliga reduktioner av metaller har i medel varit över 50 %. Zink, bly, kobolt, koppar, krom och vanadin hade i medel reduktioner omkring 70 %. Makadammagasinet har visat sig ha en särskilt effektiv rening av bly då reningseffektiviteten nästan uppgick till 80 %. Arsenik, kadmium och nickel hade lägre medelreduktioner, omkring 50–60 %. Nickel hade överlag en något lägre reduktion än de andra metallerna, undantaget är regn 7 där reningseffektiviteten var 97 % för nickel.

I princip har metallreduktionerna varit konsekventa för alla regn förutom för regn 5 som hade betydligt lägre föroreningsreduktioner jämfört med de andra regnen. Regn 2 hade överlag de högst uppmätta föroreningsre-

duktionerna, bortsett från kväve men även regn 7 hade höga reningsgrader.

En möjlig förklaring till dessa skillnader kan bero på antalet torrdygn som har föregått regnet. Regn 2 hade enbart två torrdygn medan regn 5 hade 23 torrdygn. Detta kan indikera att föroreningar till större del har ackumulerats på de hårdgjorda ytorna innan regn 5 än innan regn 2. Detta kan dock inte bekräftas av EMC-koncentrationerna eftersom regn 5 generellt hade betydligt lägre koncentrationer i inkommande dagvatten än regn 2. Torrperioden före regn 5 har däremot förmodligen bidragit till de låga inflödeskoncentrationerna för regn 5. Under en lång torrperiod har kvarvarande partiklar i makadammagasinet haft tid att sedimentera vilket kan ha påverkat utgående dagvattenkvalitet och därmed påverkat reningsgraderna.

Flödesutjämning

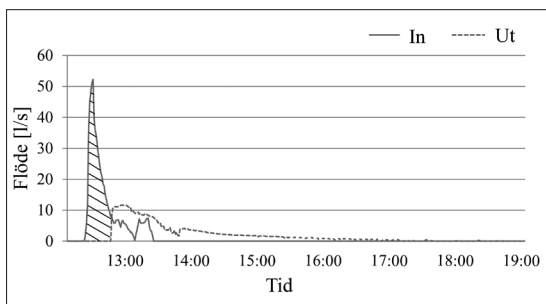
Flödesutjämningen i makadammagasinet har beräknats genom att jämföra inflödeshydrograferna gentemot utflödeshydrograferna där den fördröjda volymen representeras av arean mellan skärningspunkterna, det vill säga skillnaden mellan inkommande och utgående volym dagvatten, detta är illustrerat i Figur 3 där en tydlig flödesutjämning kan ses. Magasinets flödesutjämning har sedan jämförts med dimensionerande flödesutjämning. Flödesutjämningen har analyserats för de fem första regnen.

I inflödesbrunnen gjordes flödesmätningar i ett av fyra inflödesrör och de resulterande hydrograferna representerar därför inte hela flödet till skillnad från utflödet som registrerades av flödesmätaren i utloppsledningen. För att kompensera detta har det totala inflödet upp-

Tabell 4. Beräknade reningsgrader för samtliga regn.

Parameter	Reningsgrad [%]							Medel
	Regn 1	Regn 2	Regn 3	Regn 4	Regn 5	Regn 6	Regn 7	
TSS	75	91	92	80	76	77	76	81
VS	64	88	69	66	62	63	68	69
TIN	29	–47	62	50	–	–	–	47*
Zn	70	88	74	68	38	69	97	72
As	71	91	69	56	13	71	18	56
Pb	76	98	66	74	54	80	92	77
Cd	49	69	16	90	–44	–2127	85	62*
Co	76	96	78	81	54	84	73	77
Cu	71	83	80	61	–17	67	–7	73*
Cr	75	97	67	77	38	72	–41	71*
Ni	45	62	41	49	–54	54	97	58*
V	77	88	71	75	44	75	45	68

*Negativa reningsgrader är inte inkluderade i beräkningen av medelvärdet.



Figur 3. Hydrograf för regn 1. Den streckade arean visar volym som makadammagasinet har fördröjt.

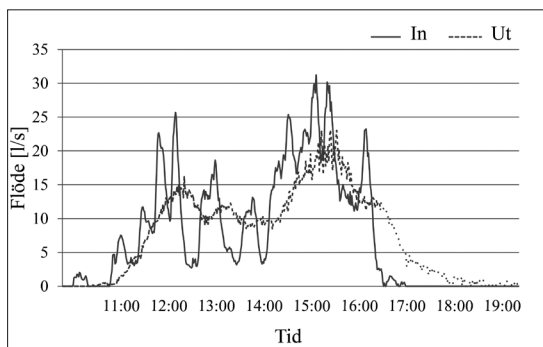
skattats vara 10 gånger så stort som det registrerade eftersom inloppsledningens motsvarande tillrinningsområde har beräknats vara 1/10 av det totala avrinningsområdet. Detta antagande korrigerades genom att dividera utflödesvolymen med inflödesvolymen för varje regn och kvoten visade sig variera mellan 6 och 12 vilket bekräftade att antagandet var rimligt och totala inflödeshydrografer har beräknats. Figurerna 3 och 4 visar hydrograferna från regn 1 och regn 4.

Den tydligaste flödesutjämningen kan påvisas i regn 1, vilket Figur 3 visar, och i regn 2. Regn 3 och regn 5 påvisar också en god flödesutjämning med betydligt lägre utflöden än inflöden. Däremot är flödesutjämningen i regn 4 inte lika tydlig, vilket kan ses i Figur 3. Tabell 5 visar de fördröjda volymerna och de högsta utflödena för varje regntillfälle.

Tabell 5. Fördröjd volym, inkommande volym till magasinet och maximala utflöden för de fem första regnen. De har jämförts med vad magasinet klarar av under dimensionerande förutsättningar. Fördröjd volym är den volym som magasinet klarar av lagra, i det här fallet 176 m³. Kan beskrivas enklast som skillnaden mellan utgående och inkommande volym dagvatten och kan ses i flödeshydrograf, det vill säga där topparna kapas.

Regn	Fördröjd volym [m ³]	Total volym från avrinningsområde [m ³]	Maximalt utflöde [l/s]
Regn 1	30	50	12
Regn 2	15	20	5
Regn 3	*	120	12
Regn 4	*	220	22
Regn 5	30	50	12
Under dimensionerade förutsättningar	176	243	6,17

* Fördröjda volymer var svåra att avläsa från hydrografer.



Figur 4. Hydrograf för regn 4.

De fördröjda volymerna i regn 2 och 4 var svårare att läsa ut från hydrograferna i och med att de har mer än en topp men de har uppskattats vara i samma storlek som för de andra regnen. Dock var inga av de fördröjda volymerna i närheten av vad magasinet har dimensionerats för. Makadammagasinet har dimensionerats för ett maximalt tillåtet utflöde på 6,17 l/s men detta har endast uppnåtts för regn 2. De maximala utflödena för de olika regnen hade sannolikt varit lägre om brädd- och strypningsröret inte hade tagits bort.

Diskussion och slutsatser

Undersökningen av makadammagasinet i Kungsbacka har kompletterat forskningen på makadamdiken och makadammagasin med framtagna reningsgrader på suspenderad substans, kväve och tungmetaller. Resultatet visar att makadammagasinet i genomsnitt har reningsgrader på omkring 80 % för suspenderad substans, omkring 50 % för kväve, 70–80 % för zink, bly, koppar och krom samt 50–60 % för kadmium och nickel.

De framtagna föroreningsreduktionerna både skiljer sig och stämmer överens med tidigare studier av makadamdiken. I Trafikverkets studie från 2011 varierade reningsgraderna för koppar, kadmium och bly till en stor grad men i denna studie har spannet reducerats. Det kan också fastställas att makadamdiken och makadammagasin kan användas i samma syfte som dagvattendammar, det vill säga för att minska föroreningsbelastningen.

Provtagningen och flödesmätningen har utförts utan att brädd- och strypningsröret har varit installerat i utflödesbrunnen. Detta har medfört en mer reducerad flödesutjämning än vad magasinet har dimensionerats för och att gränsen för maximalt tillåtna utflöde i de flesta fall har överskridits. Under normala förutsättningar hade sannolikt flödesutjämningen uppfyllt de uppsatta kraven.

Det resultat som nu finns på totalt sju regn anses vara tillräckligt för att ge ett statistiskt tillförlitligt resultat. Det kan dock vara av intresse att även bedriva mätningar under andra delar av året, dels under hösten då nederbördsmängderna generellt är större och under vintertid för att fastställa hur ett makadammagasin klarar snösmältning. Det undersökta makadammagasinet anlades 2007 och var därmed fem år gammalt. Ett makadammagasin har en livslängd på några årtionden men det måste underhållas under denna tid (Stahre, 2004). Exempel på underhåll av makadammagasin kan vara att rensa magasinet från smuts och sediment och byta ut stenmaterialet. Eftersom det undersökta makadammagasinet är beläget under en asfaltsyta är underhållsarbetet begränsat eftersom det är svårt att spola rent det och makadamet kan inte bytas ut till skillnad från ett öppet makadamdike där detta är lättare att utföra. Det är därför förväntat att reningseffekten på det undersökta magasinet kommer att försämrast ju äldre det blir. Detta går dock inte att bekräfta om inte efterföljande mätningar görs efter några år. Det kan också vara av intresse att

studera ett makadammagasins förmåga till självrensning, det vill säga studera hur reningseffekten påverkas efter ett såpass stort regn att magasinet spolats ur.

Referenser

- Nilsson, E., Stigsson, A. (2012) Pollutant Removal Efficiencies and Flow Detention of Infiltration Trenches – An Investigation of an Infiltration Trench in Kungälv. Chalmers tekniska högskola, avdelningen Vatten Miljö Teknik. Master's Thesis 2012:140.
- Pettersson, T.J. (1996) Pollution Reduction in Stormwater Detention Ponds. Report 1996:3, Gothenburg: Chalmers University of Technology: Department of Sanitary Engineering.
- Riktvärdesgruppen (2009) Förslag till riktvärden för dagvattenutsläpp. Stockholm: Regionala dagvattennätverket i Stockholms län, Regionplane- och trafikkontoret, Stockholms läns landsting .
- Stahre, P. (2004) En långsiktig och hållbar dagvattenhantering – Planering och exempel. Malmö: Svenskt Vatten.
- Trafikverket (2011) Väg dagvatten – Råd och rekommendationer för val av miljöåtgärd. Rapport: 2011:112.