

FÖRSEDIMENTERING OCH FILTER VID DAGVATTENRENING I FÖRORENINGSBELASTADE OCH TRAFIKTÄTA OMRÅDEN

Pre-sedimentation and filter for stormwater treatment in traffic dense areas with high pollution load

av *MAGNUS HALLBERG och GUNNO RENMAN*
Institutionen för mark- och vattenteknik, Brinellvägen 28
Kungliga Tekniska Högskolan, 100 44 Stockholm
e-post: mhal@kth.se

Abstract

The EU Water Directive (2000/60/EG) refers to 1991/271/EEC in regards to runoff water (storm water) as a type of sewage water. The EU Water Directive also points out the urban road runoff water as a pollutant source for ground water. Elevated levels of pollutant concentrations can be found in runoff water from catchment areas with dense traffic loads. Depending on road maintenance, use of studded tires, type of pavement, traffic load, velocity, type of vehicle, residential and industrial areas and tunnels, the degree of mobility of the pollutants will vary in the ambient air and the runoff water. An aspect that only to some extent has been elaborated on is the influence of pavement type and its wear with regards to the mobility of the pollutants. A possible treatment technique for polluted runoff water is the use of sedimentation and a filter for removal of dissolved and colloidal substances utilizing a batch sequenced mode of operation. The successful application of a batch sequenced treatment technique would depend on the "First flush" behavior of the catchment area. Along the Essingeleden motorway in Stockholm, with a yearly average traffic load of 120 000 vehicles per day, field trials and investigations of the treatment technique and first flush behavior is carried out along with assessment of generated sludge from storm water.

Key words – Highway runoff water, storm water, initial flow pulse, Polonite®, sedimentation, sludge.

Sammanfattning

I EGs direktiv 1991/271/EEC klassas dagvatten som avloppsvatten. EUs Vattendirektiv hänvisar till direktivet 1991/271/EEC och pekar även på vägdagvatten som en föroreningskälla för grundvatten. Förhöjda halter av föroreningar kan speciellt kopplas till trafiktäta områden. Beroende på halkbekämpningsåtgärder, dubbdäcksanvändning, asfalt typ, trafikbelastning, hastighet, fordonstyp, bebyggelse och tunnelmiljö påverkas föroreningarnas mobilitet i dagvattnet och i luften. En aspekt som inte berörts i nämnd utsträckning är asfaltens sammansättning och avnötning och dess inverkan på transportegenskaper av föroreningar. En möjlig reningsmetodik för förorenade dagvatten är ett satsvist reningsförfarande med sedimentering och en efterföljande fastläggning av kolloidala och lösta föroreningar i ett filtermaterial. I områden med begränsade anläggningsytor är en satsvis reningsmetod fördelaktig då mindre ytor tas i anspråk för anläggningen vilket innebär lägre investeringskostnader. Tekniken bygger på »First flush» principen, vilken här benämns »Initial Flödespuls» (IFP). Längs en sträckning av Essingeleden i Stockholm där årsdygntrafiken är 120 000 fordon per dygn genomförs försök med reningstekniken, studier av IFP samt generering och kvalitet av dagvattenslam vid tre befintliga reningsanläggningar för dagvatten.

Introduktion

Förutsättningarna för att rena dagvatten skiljer sig väsentligt från rening av avloppsvatten, dricksvattenframställning och industriella processvatten. Vid konventionell vattenrening är det förorenade vattnets flödes- och kvalitetsvariationer väl kända över tiden. Vid avloppsvattenrening och dricksvattenframställning existerar tydliga myndighetskrav avseende krav och drift av

reningsanläggningar. I EG direktivet 1991/271/EEC anges dagvatten som en typ av avloppsvatten.

Dagvattenföroreningar kan vara lösta eller bundna till det partikulära materialet. Avskiljning av partikulärt material kan ske med sedimentering i dammar. Den del av föroreningarna som finns i löst eller i kolloidal form kan avlägsnas genom kemisk och/eller fysisk fastläggning i någon typ av filtermaterial. Ett filter som inte är spolbart måste i dagvattensammanhang alltid föregås av en sedi-

mentering på grund av halterna suspenderat material i dagvatten. Om anaeroba förhållanden uppstår i det ackumulerade slammet kan filtrets uppgift även vara att hindra återlösta föroreningar att nå recipienten. Idag används huvudsakligen dammar, ibland i kombination med översilningsytor för dagvattenrening.

En aspekt vid dagvattenrening är att särskilja och bestämma specifika volymer under ett nederbördstillfälle och deras andel av den totala mängden föroreningar. Den så kallade »first flush» effekten vilken anses uppträda under den första delen av avrinningen, är i denna artikel benämnd Initial Flödes Puls (IFP). Kunskap om sedimenteringsegenskaper, under IFP är även av betydelse ur reningstekniskt hänseende. Vid all rening måste den avskilda fraktionen, slammet, tas om hand varför en översikt av dagvattenslam har sammanställts. Många undersökningar har redan visat att slammet har förhöjda halter av bl.a. metaller (till exempel Stockholm Vatten, 2001a, 2004).

Genom att i kontrollerade fältförsök studera IFP kan det vara möjligt att identifiera förutsättningar för reningstekniken avseende drift och underhåll. Detta är avsikten i två fältförsök som påbörjats längs Essingeleden, Eugeniattunneln samt Fredhällsmagasinet i Stockholm. Syftet med denna artikel är att beskriva problem och möjligheter för att nyttja filter för avskiljning av kolloidala och lösta föroreningar i kombination med en för-sedimentering. Reningstekniken bedöms främst användbar för mindre avrinningsområden med förhöjda föroreningshalter.

Föroreningar i vägdagvatten

Rening av dagvatten kan vara nödvändigt för att inte lasta våra recipienter mer än de tål i ett långsiktigt perspektiv (Stockholm Vatten, 2001a). Vid en genomgång av Vägverkets dagvattenanläggningar identifierades två huvudskäl för att bygga en dagvattenanläggning nämligen, dagvattnets miljöpåverkan samt dess hydrauliska påverkan (Vägverket, 2003). Faktorer som påverkar föroreningsbelastningen från vägar är (Lindgren, 1998):

- Typ av beläggning; Betong, asfalt, storlek och kvalitet av aggregat, struktur m.m.
- Fordonsrelaterade faktorer; Antal fordon, axeltryck, hastighet, dubbdäck, trafikmönster
- Väggeometrin; Bredd, kurvor, backar
- Klimat; Temperatur, våt eller torr yta, is och snö m.m.

I tabell 1 anges riktlinjer avseende föroreningshalter vid varierande trafikbelastningar enligt Stockholm Vattens dagvattenstrategi (2001a).

Föroreningarnas halter kan öka markant under vinterperioden då salt används som halkbekämpningsmedel (Legret & Pagotto, 1999). Dagvatten från asfalterade ytor transporterar löst, kolloidalt och partikulärt mate-

Tabell 1. *Data sammanställda från Stockholm Vatten, Dagvattenstrategi Del 2 (2000).*

Ämne [µg/l]	ÅDT* < 8000 (låg halt)	ÅDT 8000–15000 (låg–måttlig halt)	ÅDT > 30000 (hög halt)
Cr	< 15	15–75	> 75
Cd	< 0,3	0,3	> 0,3
Cu	< 9	9–45	> 45
Zn	< 60	60–300	> 300
Pb	< 3	3–15	> 15

* ÅDT = Årsmedeldygnstrafik.

rial vilka utgörs av metaller, organiskt och oorganiskt material (Sansalone, 1997a). Kolloidalt material har en partikelstorlek mellan 1 nm–1 µm (NE, 1993). Trafikdagvatten innehåller en mängd olika föroreningar som främst genereras av trafiken, av slitage och korrosion av material i vägar och konstruktioner i anslutning till vägområdet samt av atmosfärisk deposition. De högsta föroreningsbelastningar i dagvatten uppträder i samband med hög trafikbelastning (Barret m.fl., 1998). Vid inventering av vägdagvattendammar var en av slutsatserna att en hög trafikbelastning (Årsmedeldygnstrafik, ÅDT, per damm area) gav högre metallavsättning (Cr, Ni, Zn) i sedimenten (Vägverket, 2003).

Påverkan på föroreningsbelastningen

Den huvudsakliga orsaken till förslitningen av vägbanan är dubbdäcksanvändning. I slutet på 1980-talet var det genomsnittliga asfaltslitaget 24 g/km per fordon och år för att under perioden 1990–2000 minska till 2–4 g/km per fordon och år. Denna förändring har skett under det att dubbdäcksanvändningen har ökat, dock under en övergång till lättviktsdubbar under samma tidsperiod (1990–) samt slitstarkare beläggningar (Jacobsson, 1994; Jacobsson och Hornvall, 1999).

Lindgren (1998) fann att ett vägvagnsnitt med ÅDT 5 000 uppvisade en lägre andel finmaterial än ett vägvagnsnitt med ÅDT 10 200. Detta tyder på att en ökad trafikbelastning kan bidra till en högre andel finmaterial hos det nedslitna materialet. Sansalone (1997a) redovisar att halterna metaller (Zn, Cu och Pb) ökar i de finare fraktionerna av det suspenderade materialet. De uppskattningar som gjorts för att värdera miljöpåverkan av vägbansans slitlager bygger i huvudsak på schablonberäkningar utifrån stenmaterialets sammansättning och ingående bitumenblandning (Stockholm Vatten, 2001c). Sammantaget innebär detta att sammansättningen av vägbeläggningen (slitlagret) har en påverkan på föroreningarnas mobilitet vid transport i vatten.

En faktor som påverkar föroreningstransporten, via atmosfären eller dagvattnet, är vindförhållanden. I stu-

Tabell 2. Exempel på föroreningshalter vid varierande ÅDT.

Referens	Cr [$\mu\text{g/l}$]	Cd [$\mu\text{g/l}$]	Cu [$\mu\text{g/l}$]	Zn [$\mu\text{g/l}$]	Pb [$\mu\text{g/l}$]
Legret 1999 (ÅDT 12000)	–	0,74	33	254	43
Larm 2000 (ÅDT 20000)	9,0	0,4	59	275	33
Färm 2003 (ÅDT 20000)	6,7	0,3	23,6	53,5	7,3
Naturvårdsverket 1999 Höga halter	>75	>0,3	>45	>300	>15
Stockholm Vatten 2004 (ÅDT 71000)	92	1,1	254	1438	86
Stockholm Vatten 2001b (120000)	25	0,5	101	268	61
Ward 1999 (ÅDT 120000)	86	11,9	248	188	70
Kamalakkannan 2004 (ÅDT 120000)	72	5,2	185	162	24,1

dier av Legret & Pagotto (1999) bedömdes att 5 % av bly föroreningar transporterades med vattnet och resterande fördes bort med vinden. Avseende zink bedömdes i samma studie att 37 % av zink transporterades bort med vattnet. Vid studie av partikelstorleken i inkommande vatten i en undersökning i anslutning till Johannesbron (Stockholm Vatten 2004) varierade medeldiametern av partiklarna i inkommande vatten mellan 17 och 50 μm . Av partiklarna i inkommande vatten var 80 % mellan 2 μm –96 μm .

Trafikrytmen har även en inverkan på föroreningsbelastningen. Vid en studie av platinainnehållet i vägdam (Ward & Dudding, 2004) konstaterades att halten platina (Pt) inte kunde kopplas till trafikbelastningar. Undersökningen visade dock att de högsta halterna av Pt konstaterades vid sträckor med start och stopp snarare än vid sträckningar med kontinuerlig trafik.

Partikulära, kolloidala och lösta föroreningar

I tabell 2 anges föroreningshalter från ett urval av undersökningar. I tabellen har jämförande värden införts från Naturvårdsverkets rapport 4920 (Naturvårdsverket, 1999). De angivna halterna för tungmetaller betecknas som mycket höga i sjöar och vattendrag. Vid dessa halter anses det finnas risker för biologiska effekter och en påverkan hos vattenlevande organismer redan vid en kort exponering. Avgörande för bedömningen av dagvatten är dock alltid förutsättningarna, exempelvis den hydrauliska omsättningstiden, i den recipient till vilket dagvattnet tillförs. En viktig aspekt är i vilken mån föroreningarna är lösta d.v.s. då gravimetrisk avskiljning av föroreningarna ej är möjlig.

Larm (2000) angav andelen löst material för Cr, Cd, Cu samt Zn till 45 %, 68 %, 65 % respektive 63 %. Pettersson (1999) noterar skillnader för metallers löslighet vid regntillfälle och snösmältning. Andel löst Zn och Cu var högre under snösmältningstillfället (76 % re-

spektive 63 %) än vid studerat regntillfälle (61 % respektive 58 %). För andelen löst Pb och Cd var förhållandet det motsatta. I tabell 3 anges en skattad procentuell andel av föroreningar vilka ej avskiljs vid sedimentering vid tre skilda undersökningar. Undersökningarna av Färm (2003) och Stockholm Vatten (2001, 2004) baseras på totalhalter av metallerna som uppmäts efter sedimentering. I Färm (2003) är sedimenteringsdammens yta i förhållande till avrinningsområdet 46 m^2/ha vilket skall jämföras med 250 m^2/ha enligt Pettersson (1999). Någon uppskattning av sedimenteringstiden har ej gjorts i Färms (2003) undersökning. I en undersökning utförd av Stockholm Vatten (2004) har medeldiametern på partiklarna i behandlat vatten varit 7–19 μm . Trots sedimenteringen framgår det ur tabell 3 och Larm (2000) samt Pettersson (1999) att det kan föreligga ett behov av en mer långtgående dagvattenrening med avseende på de finpartikulära, kolloidala och lösta föroreningarna vilka ej avskiljs vid sedimentering.

»First Flush» eller Initial Flödespuls (IFP)

Föroreningstransporten varierar flerfalt över tiden. För att beskriva föroreningstransporten i dagvatten kan en medelkoncentration över ett regntillfälle (*Event Mean*

Tabell 3. Exempel på andel av totalhalt ej avskild vid sedimentering vid tre undersökningar.

Ämne %	Färm 2003 (ÅDT 20000)	Stockholm Vatten 2004 (ÅDT 71000)	Stockholm Vatten 2001b (ÅDT 120000)
Cr	48	25	32
Cd	–	41	50
Cu	64	29	34
Zn	16	31	50
Pb	74	24	31

Concentration, EMC) beräknas (Sansalone, 1997b). EMC beräknas enligt följande

$$EMC = \frac{M}{V} = C_{medel} = \frac{\int_0^T c(t)q(t)dt}{\int_0^T q(t)dt} \quad (1)$$

Där M är kvantiteten av förorening över hela regntillfället. V är den totala volymen nederbörd under regntillfället. C_{medel} är de viktade koncentrationen över regntillfället, $c(t)$ är koncentrationen över tiden av den olösta eller lösta föroreningen samt $q(t)$ är flödet över tiden. Under en del av regntillfället kan en medelkoncentration beräknas (Partial Event Mean Concentration, PEMC) enligt följande

$$PEMC(t) = \frac{m(t)}{v(t)} = \frac{\int_0^t c(t)q(t)dt}{\int_0^t q(t)dt} \quad (2)$$

First flush effekten som i denna artikel motsvaras av benämningen initial flödespuls (IFP) anges av att en större del av föroreningarna transporteras under den initiala delen av regntillfället. Sansalone (1997b) visar på olika kriterier för att beskriva IFP baserade på $m'(t) = m(t)/M$ och $v'(t) = v(t)/V$ vilka representerar normaliserade dimensionlösa mass- och volymsflöden under regntillfället.

Krajewski m.fl. (1998) studerade 12 separata och 12 kombinerade avloppssystem under 197 regntillfällen. I de separata avloppssystemen transporterades 80 % av föroreningarna i 74 % av den totala volymen vid 50 % av samtliga regntillfällen. I kombinerade system transporterades 80 % av föroreningarna i 79 % av den totala volymen i 50 % av de totala nederbördstillfällena. En kraftig IFP definierades genom att 80 % av föroreningarna uppträder i de första 30 % av den totala volymen vid ett nederbördstillfälle. Enligt Krajewski m.fl. (1998) är det utgående från undersökningen inte möjligt att beskriva IFP för att nyttja det vid dimensionering av reningsanläggningar. Deletic (1998) definierar IFP som den mängd vilken transporteras med de första 20 % av den totala avrinnande volymen under ett regntillfälle.

I Deletic's studie ingick två avrinningsområden, ett lokaliserat i Belgrad (Jugoslavien) och det andra i Lund (Sverige). Försöksplatsen i Belgrad utgjordes av en trafikerad och asfaltbelagd gata och med en yta av 211 m². Försöksplatsen i Lund utgjordes av en parkeringsplats med en yta av 270 m². I undersökningen kunde ingen IFP konstateras utom vid kraftiga regn. Under huvuddelen av regnen tillfördes föroreningarna kontinuerligt. Barret m.fl. (1998) studerade trafikintensiteter mellan 8000–60 000 ÅDT. IFP fenomenet uppträdde under de första 5 mm regn. Under regntillfällena bidrog trafiken

till en konstant tillförsel av föroreningar under regntillfällena. Sammantaget bedömdes IFP som liten eller försumbar i undersökningen.

Lee (2002) studerade ett avrinningsområde vilket utgjordes av bostäder och ett där huvuddelen bestod av ett industriellt avrinningsområde. En uppdelning i 13 separata avrinningsområden gjordes. Vid samma regnintensitet uppträdde en tydligare IFP i mindre avrinningsområden (4,81 ha) än jämfört med ett större avrinningsområde (92,10 ha). I undersökningen kunde ingen korrelation mellan IFP och längden av torrperioder konstateras.

Reningsteknik för dagvatten

I en dagvattensituation blir driften av en reningsanläggning sporadisk. Driftförhållanden som inte är kontinuerliga ställer krav på reningsanläggningens utformning för att tillgodose driftsäkerhet och reningseffektivitet. En reningsanläggning som tar hänsyn till en intermitterande drift kan baseras på ett satsvist reningförfarande av en delvolym av det totala dagvattenflödet. Den satsvisa reningen sker i två steg; Sedimentering och filtrering. Vid sedimenteringen avskiljs partikulärt material. Sedimenteringen innebär en reduktion av föroreningar och är samtidigt en förutsättning för filtreringen. Vid filtreringen avskiljs lösta och kolloidala föroreningar. Sedimentering är den reningsteknik som tillämpas mest för omhändertagande av dagvatten. I dagvattensammanhang är filtertekniken för fastläggning av kolloidala och lösta föroreningar huvudsakligen studerad i laboratorieförsök. Filtertekniken kan ersätta ekologiska lösningar såsom vegetationsklädda översilningsytor och våtmarker, där inte plats finns för dessa eller där filterteknik av andra anledningar bedöms vara mer lämplig.

Försedimentering och slam

Idag används huvudsakligen dammar som slutlig rening av dagvatten. Ett dimensioneringsunderlag för våta dammar är 250 m² dammyta per hektar avrinningsområde (Pettersson, 1999). Det finns idag cirka 400 dammar för rening av dagvatten längs våra statliga vägar (Vägverket, 2003). Vid gravimetrisk avskiljning sker ackumulering av föroreningarna i sedimenten. Beroende på sedimentens sammansättning finns det risk för att föroreningar frigörs genom erosion eller går i lösning om anaeroba förhållanden uppstår i sedimenten.

Xanthopolus och Hahn (1990) studerade dagvattnet från ett bostadsområde med en total avrinningsyta av 2,15 ha varav 1,32 ha utgjordes av ett vägvagnsrikt med en ÅDT av 3200 fordon. Fraktionen 80 µm–200 µm konstaterades passera brunnar och ledningsnät och befanns innehålla de högsta föroreningshalterna i det undersökta materialet. I ledningsnät och brunnar sker en avskiljning

Tabell 4. Exempel på föroreningshalt i sediment från vägar. (ÅDT= årsmedeldygnstrafik.)

Referens	Avr. Omr. ha (Vägyta)	Trafik- belastning [ÅDT]	Cr [mg/kgTS]	Cd [mg/kgTS]	Cu [mg/kgTS]	Zn [mg/kgTS]	Pb [mg/kgTS]	TS %	GR %
Stockholm Vatten (2001)	5,4 (6,7)	120 000	63	0,73	144	663	205	48	81,6
German (2003)	2,52 (4,2)	40 000	48	0,9	114	478	127	28	85
Vägverket (2003)		8 000–15 000	1–45	0,02–0,2	2–24	10–80	2–20	–	–
Stockholm Vatten (2004)	0,45 (1,14)	71 000	52	0,4	160	660	48	50	86,3
Färm (2003)	4,3	20 000	19–36	0,17–0,85	31–78	124–269	26–45		17–66
Kamlakkannen m.fl. (2004)	–	120 000	172	32,7	106,0	868,0	31,2	–	–

av större partiklar medan det finaste materialet passerar och kan endast avskiljas i en sedimenteringsdamm eller ett magasin (Pettersson, 1999; Stockholm Vatten 2001b, 2004). I tabell 4 anges exempel på föroreningshalter från dagvattenssediment vilka uppmäts i någon typ av magasin eller damm vid olika trafikbelastningar.

Bedömning av sedimenten sker vanligen utifrån innehåll av föroreningar. Avseende det kvantitativa innehållet av föroreningar är detta av intresse då slammet skall tas omhand från reningsanläggningen för vidare hantering. Det finns idag inga specifika bedömningsgrunder för dagvattensslam. I tabell 5 visas på jämförande bedömningsunderlag för att bedöma sediment genererat vid dagvattenrening. Tabell 5 anger föroreningshalter i mark respektive avloppsslam beroende på hur marken skall användas och om avloppsslammet tillförs jordbruksmark.

I undersökningar längs en motorvägssträckning (Andral, 1999) undersöktes åtta regntillfällen vid varierande nederbörds mängder. I studien studerades ansamlade sediment i ett retentionsmagasin samt suspenderat

material utgående från retentionsmagasinet vid respektive regntillfälle. Studien visar att partiklar >100 µm är lättavskiljbart med sedimentering och att fokus måste läggas på avskiljning av partiklar med en diameter mindre än 50 µm.

I Eugeniagemasinet (Stockholm) hade huvuddelen av det partikulära materialet i sedimenten en medelstorlek av 13,6 µm vid inloppet och 18,8 µm vid utloppet (Stockholm Vatten, 2001b). Vid undersökningar i anslutning till Johanneshovsbron (Stockholm Vatten, 2004) uppvisade det partikulära materialet i sedimentet en medeldiameter mellan 100–217 µm. Det provtagna sedimentet i Eugenia uppvisar en partikelstorleksfördelning vilken är förskjutet mot det finare materialet. I Eugeniagemasinet sker en satsvis rening av dagvattnet vilket motverkar risken för erosion och utspolning av sediment vid kraftigare nederbörd vilken kan vara en förklaring till den finare partikelfractionen i avsättningsmagasinet. Walker & Hurl (2002) studerade sediment-uppbyggnad i ett våtmarksystem. Förhållandet mellan avrinningsområde och dammyta i våtmarken var 53 ha/m².

Tabell 5. Exempel på halter av metaller i mark och avloppsslam (MK= Känslig Maranvändning, MKM= Mindre Känslig Markanvändning).

Referens	Not	Cr [mg/kgTS]	Cd [mg/kgTS]	Cu [mg/kgTS]	Zn [mg/kgTS]	Pb [mg/kgTS]
Naturvårdsverket Rapport 4638	MK	5	0,4	100	350	80
Naturvårdsverket Rapport 4638	MKM	20	12	200	700	300
Naturvårdsverket Rapport 4913	Låga halter	10–20	0,8–2	15–25	60–160	3–10
Naturvårdsverket Rapport 4913	Måttligt höga halter	20–100	2–7	25–100	160–500	10–30
SFS 1998:944		100	2	600	800	100
Naturvårdsverket Rapport 4913	Höga halter	100–500	7–35	100–500	500–2500	30–150
Direktiv 86/278/EEC		–	20–40	1000–1750	2500–4000	150–1200

Ett antal sedimentfällor hade placerats ut i dammsystemet. I sedimentproverna i inloppet var 90 % av partiklarna mellan 2–63 µm och för sedimentproverna från utloppet var över 95 % av partiklarna mellan 2–63 µm. I inloppet utgjorde den minsta partikelfractionen (2–5 µm) drygt 10 % av den totala andelen sediment och motsvarande för utloppet var 20 % av totala sedimenten. Halterna av Zn, Pb och Cu minskade från inloppet till utloppet vilket, enligt Walker & Hurl, indikerade att reduktionen av dessa metaller skett på annat sätt än med sedimentering dvs. kemiskt eller biologiskt.

En annan aspekt är lakningsegenskaper för slammet och mobiliteten av exempelvis metaller och nedbrytning av organiskt material. Lakningsegenskaperna är kopplade till den specifika ytan hos en partikel vilket gör att urlakningen ökar med en minskande partikelstorlek. Lakning av botten sediment vid pH mellan 7,5 till 8,5 är ej signifikant men vid pH 5 kan en mindre del av metallerna övergå i lösning (Yousef m.fl., 1990). Wood (1999) utformade en modell för biotillgängligheten i sediment i konstruerade våtmarker. Verifikation av modellen visade mängden organiskt material och pH i sedimenten var avgörande för metallernas (Pb, Cu, Cd) mobilitet. Ett lägre pH medför en förhöjd mobilitet. Sriyaraj & Shuts (2001) studerade påverkan av trafikdagvatten i en våtmark i ett naturreservat. Undersökningen bedömde det som mindre lämpligt att tillföra trafikdagvatten avseende ackumulering av metaller i sedimenten och risken för upptag av metaller i växtligheten vilket medför en ökad biomobilitet av desamma.

Filtermaterial

Filtermaterial som kan användas är t ex Polonite® vilket uppvisat goda drift- och avskiljningsegenskaper vid avloppsvattenrening, främst för avskiljning av fosfor men också för metaller (Renman & Kietlińska, 2004). Polonite är ett material vilket framställs genom kalcinering vid 900°C av mineralet Opoka (Brogowski & Renman, 2004). Karczmarczyk m.fl. (2003) påvisade en mycket god absorptionsförmåga i avloppsvatten av löst P-PO₄ samt en god drifttid med materialet Polonite. Gångtiden tillskrevs inblandningen av höghumifierad torv i Poloniten. Ytbelastningarna i dessa försök var mindre än 0,0004 m/h. Renman m.fl. (2004) visade på en hög reduktion av bakterier vid kolonnförsök vid rening av avloppsvatten. Ytbelastningen var vid dessa försök 0,0035 m/h med referens till belastningar vanliga vid infiltration av avloppsvatten. Ytbelastningen och vattnets uppehållstid i filtermassan är avgörande för de kemiska och fysikaliska avskiljningsförloppen.

Enstaka försök har genomförts med Polonite i dagvattensammanhang. Färm (2003) genomförde korttidsförsök med blandning av bl a Polonite och zeolit samt opoka. Ytbelastningen i försöken var 4,8 m/h. I detta försök studerades avskiljningsförmågan av Cu och Zn

vilken för båda filtersammansättningarna var över 78 % för Cu respektive 68 % för Zn. Av studien framgår inte löst och olöst andel av metallerna under tiden för försöken. Vidare anges ej vilken halt suspenderat material som förelåg i inkommande vatten men kan sannolikt förutsättas låg då en försedimentering skedde innan filtrering.

Färm (2003) pekade på en möjlig igensättning av filtermassorna. Fenomenet med igensättning kan accelereras av den valda ytbelastningen vilken skall jämföras med 5–10 m/h (VAV 1992) för ett spolbart snabbsandfilter och studier genomförda av Karczmarczyk m.fl. (2003) och Renman m.fl. (2004). En jämförelse avseende denna typ av filter kan vara med långsamfiltrering. Långsamfiltrering betraktas som en typ av biologiskt filter (VAV 1992) och är inte spolbart. Rekommenderad ytbelastning för ett långsamfilter är 0,2–0,4 m/h (VAV 1992). Inkommande vatten till ett långsamfilter har en halt suspenderat material som är lägre än 10 mg/l. En annan faktor som kunde påverka den hydrauliska konduktiviteten i Färms (2003) försök är avsaknaden av torvinblandning i, framförallt, filtret innehållande Polonite. Inblandning av en organisk fraktion, t ex torv, minskar risken för kemisk igensättning av filtermaterial som är rika på kalciumoxid (CaO).

Ett annat material vilket ur avskiljnings- men även återvinningssynpunkt är intressant är masugnsslagg. Gustafsson m.fl. (2004) genomförde studier på luft kylad masugnsslagg där goda avskiljningsegenskaper vid låga koncentrationer av metallerna Cd, Pb, Hg, Zn samt Cu konstaterades. Avskiljningsförmågan kunde kopplas till bl.a. neutralisationskapaciteten hos materialet dvs. de alkaliska egenskaperna hos materialet. I fältförsöken längs Essingeleden kommer författarna till denna artikel att testa en modifierad luftkyld masugnsslagg och Polonite. Den luftkylda masugnsslaggen har behandlats med 1 % CaO innan malning för att förstärka materialets basiska egenskaper. Den modifierade masugnsslaggen är väl definierad men har inte utvärderats under längre tid i fält.

Slutsats

De högsta halterna av föroreningar i dagvatten och dagvattensediment kan kopplas till höga trafikbelastningar. De undersökningar som gjorts visar att en stor del av föroreningarna är lösta och således ej kan avskiljas med sedimentering. För att hantera lösta och kolloidala föroreningar i dagvatten från föroreningsbelastade och trafiktäta områden kan fastläggning av föroreningarna ske i ett filter. Förutsättningen för metoden är ett relativt litet avrinningsområde där den huvudsakliga föroreningstransporten sker med en IFP (Initial Flödes Puls). Avgörande för metoden är att försedimenteringen kan säkerställa en låg halt suspenderat material (<10 mg/l)

innan filtrering för att erhålla en acceptabel drifttid. Filtret utgör även en barriär i det fall att återlösning av exempelvis metaller sker i slammet. Genom att nyttja IFP för att minimera behandlad vattenvolym i kombination med ett filtermaterial vore det möjligt att uppnå en högre reduktion av föreningar i kraftigt förorenade dagvatten än som är möjligt med enbart gravimetrisk avskiljning.

Erkännanden

Ett tack till Gudrun Aldheimer (Stockholm Vatten AB), Theresa Kalisky (Regionplane- och Trafikkontoret i Stockholms Läns Landsting), Thomas Larm (Sweco), Åsa Lindgren (Vägverket) samt Torbjörn Lundbom (Vägverket Region Stockholm) för kommentarer och synpunkter under arbetet med artikeln.

Referenser

Andral M.C. Roger S., Monréjaud-Vignoles M., Herremans L. (1999), Particle size distribution and hydrodynamic characteristics of solid matter carried by run off from motorway, *Water Environment Research*, Volume 71, Number 4, p. 398–407.

Bertrand-Krajewski J.L. Chebbo G., Saget A. (1998) Distribution of pollutant mass load vs volume in stormwater discharges and the first flush phenomenon, *Water Research*, volume 32, No. 8, p. 2341–2356.

Barret M.E. (1998), Characterization of Highway Runoff in Austin, Texas, Area, *Journal of Environmental Engineering*, p. 131–137, 1998.

Deletic A., (1998) The First Flush Load of Urban Surface Runoff, *Water Research*, Vol. 32, No. 8 pp. 2462–2470.

Brogowski, Z., Renman, G., (2004), Characterization of Opoka as a basis for its use in waste water treatment, *Polish Journal of Environmental Studies*, Vol. 13, No. 1, p. 15–20.

Europa rådets direktiv 86/278/EEC för skydd av miljön, speciellt jord då slam används i jordbruket.

EU direktivet 1991/271/EEC, Concerning urban waste water treatment, 21th of May 1991.

German J. (2003), Reducing Stormwater Pollution – Performance of Retention Ponds and Street Sweeping, Doctoral Dissertation Chalmers Institute of Technology, ISBN 91-7291.

Färm C. (2003), Constructed Filters and Detention Ponds for Metal Reduction in Storm Water, Doctoral Dissertation, Mälardalens Högskola, ISBN 91-88834-40-9.

Gustafsson J.P., Berggren D., Lind L., Lundström L., Åberg A., Gustafsson J., Bockkgård N. (2004), Metal removal by air-cooled blast furnace slag, to be published in *Water Research*.

Hares R.J., Ward N.I. (1999), Comparison of the heavy metal content of motorway stormwater following discharge into wet biofiltration and dry detention ponds along the London Orbital (M25) motorway, *The Science of the Total Env.* 235 (1999) p. 169–178.

Jacobsson, T., (1994), Undersökning av slitlagerbeläggningars resistens mot dubbade däck i VTI:s provmaskin. *Väg- och Transportforskningsinstitutet, VTI meddelande 732.*

Jacobson, T. och Hornwall, F. (1999), Dubbslitage på asfaltbeläggning Sammanställning av resultat från provvägar och kontrollsträckor 1990–1998. *Väg- och Transportforskningsinstitutet, VTI meddelande 862.*

Kamalkkannan R., Zettell V., Goubatchev A., Stead-Dexter K., Ward N. (2004), Chemical (polycyclic aromatic hydrocarbons and heavy metals) levels in contaminated stormwater and sediments from a motorway dry detention pond drainage system, *J. Environ. Monit.*, 6, 1–8.

Karczmarczyk A., Kietlińska A., Renman G. (2003), A natural filter substrate for efficient phosphorus removal from wastewater – column studies. *Scientific Papers of the Agricultural University of Cracow, Environmental Engineering z. 24: 397–404.*

Barrett M.E., Irish L.B., Malina J.F., Charbeneau R.J. (1998), Characterisation of Highway Runoff in Austin Texas, Area, *Journal of Environmental Engineering*, p. 131–135.

Larm T. (2000), Watershed-based design of stormwater treatment facilities: model development and applications, Doctoral Thesis, Royal Institute of Technology, ISBN 91-7283-027-1, 2000.

Lee J.H. (2002), m.fl. First flush analysis of urban storm runoff, *The science of the Total Environment*, 293, page 163–175, 2002.

Legret M., Pagotto C. (1999), Evaluation of pollutant loadings in the runoff water from a major rural highway, *The science of the total environment*, Volume 235 (1999) p. 143–150.

Lindgren Å. (1998), Road construction materials as a source of pollutants, Doctoral thesis, Luleå University of Technology, 1998:05, ISSN:1402–1544.

Muschak W. (1990), Pollution of street run-off by Traffic and local conditions, *The science of the total environment*, 93 (1990) p. 419–431.

National Encyklopedin (1993), Band 11, ISBN 91-7024-620-3.

Naturvårdsverket (2000), *Bedömningsgrunder för Miljö-kvalitet, Sjöar och Vattendrag*, Rapport 4913, ISBN 91-620-4913-5, ISSN 0282-7298.

Naturvårdsverket (1997), *Generella riktvärden för förorenad mark, Principer och vägledning för tillämpning, Efter-behandling och sanering*, Rapport 4638, ISBN 91-620-4638-1, ISSN 0282-7298.

Naturvårdsverket (1999), *Bedömningsgrunder för Miljö-kvalitet, Sjöar och Vattendrag, Bakgrunds rapport, Kemiska och Fysikaliska parametrar*, Rapport 4920, 1999, ISBN 91-620-4920-8, ISSN 0282-7298.

Naturvårdsverket (2003), *En basbok om Ramdirektivet för vatten*, Rapport 5307, ISBN-620-5307-8, ISSN 0282-7298.

Pettersson, T. (1999), *Stormwater Ponds for Pollution Reduction*. Dissertation no 14, Department of Sanitary Engineering, Chalmers University of Technology, Göteborg.

Renman, G., Kietlińska, A. & Cucarella Cabañas, V.M., 2004. Treatment of phosphorus and bacteria by filter media in onsite wastewater disposal systems. *Proceedings of the 2nd international symposium on ecological sanitation*, April 2003, Lubeck. p. 573–576.

Renman, G. & Kietlińska, A. 2004. Reactive bed filters for treatment of landfill leachate. *Proceed. of the Waste 2004 Conference*, 28–30 Sept. Stratford-upon-Avon, UK, p. 491–498.

- Sansalone J.J., Buchberger S.G. (1997a), Characterisation of solids and metal element distributions in urban highway stormwater, *Water Science Technology*, Volume 36, No 8–9, page 155–160.
- Sansalone J.J. Buchberger G. (1997b) Partitioning and first flush of metals in urban roadway storm water, *Journal of environmental engineering*, February 1997, p. 134–142.
- SFS 1998:944 Gränsvärden för avloppsslam från reningsverk som får läggas på åkermark.
- Skipworth P.J., Tait S.J., Saul A.J. (2000), The first flush in combined sewers: and investigation of the causes, *Urban Water 2* (2000), p. 317–325.
- Sriyaraj K., Shutes R.B.E. (2001), An Assessment of the impact of motorway runoff on a pond, wetland and stream, *Environment International* 26, 2001, p. 433–439.
- Stockholm Vatten (2001a), Klassificering av dagvatten och recipienter samt riktlinjer för reningskrav, del 2, Dagvattenklassificering.
- Stockholm Vatten (2001b), Rapport nr. 14/2001, Dagvatten Norra Länkens avsättningsmagasin.
- Stockholm Vatten (2001c), Rapport nr. 25-2001, Vägarterialets bidrag till dagvattenföroreningarna inom Stockholms stad, 2001.
- Stockholm Vatten, (2004) Dagvatten, avsättningsmagasin, Ryska smällen.
- Stead-Dexter K., Ward N.I. (2004), Mobility of heavy metals within freshwater sediments affected by motorway stormwater, *Science of the Total Environment*, Accepted April 2004.
- Vägverket (2003), Väg dagvattendammar – en undersökning av funktion och reningseffekt, Rapport 2003:12, Publikation 2003:188.
- Ward N. I., Dudding L. M. (2004), Platinum emissions and levels in motorway dust samples: influence of traffic characteristics, *Science of the Total Environment*, Article accepted 1 April 2004.
- Walker D.J., Hurl S. (2002), The reduction of heavy in a stormwater wetland, *Ecological Engineering* 18, p. 407–414.
- Wood T.S., Shelley M.L. (1999), A dynamic model of bio-availability of metals in constructed wetland sediments, *Ecological Engineering* 12, 1999 p. 231–252.
- Xanthopolos C., och Hahn H.H. (1990), Pollutants attached to particles from drainage areas, *The science of the total environment*, 93 (1990) p. 441–448.
- Yousef, Y.A., Hvitved-Jacobsen T., Harper H.H., LIN L.Y. (1990), Heavy metal accumulation and transport through detention ponds receiving highway run-off, *The science of the total environment*, 93 (1990), p. 433–440.
- VAV (1992), Dricksvattenteknik, Ytvatten, Publikation P72.