

Förekomst och spridning av mikroplast, gummi och asfaltspartiklar från vägtrafik



Dnr 2172/18

Trafikkontoret, Göteborgs Stad

Organisationsnummer: 212000-1355

www.goteborg.se/trafikkontoret

trafikkontoret@trafikkontoret.goteborg.se 031-365 00 00

Innehåll

Förord	3
Deltagare	3
Förklaringar av begrepp	4
Sammanfattning	5
1. Bakgrund	5
2. Metodik	7
2.1 Platsbeskrivning	7
2.2 Gatusopning	8
2.3 Provtagning av gatusopningssand och gatusopningsvatten	11
2.4 Dagvattenprovtagning	12
2.5 Analysmetod för antropogena partiklar	13
3. Resultat och diskussion	17
3.1 Mikropartiklar i gatusopningssopsand, gatusopningsvatten och dagvatten	17
3.2 Mikroplaster	17
3.3 Gummi- och bitumenpartiklar	19
4. Slutsatser och fortsättning	22
Referenser	23

Förord

Detta projekt har medfinansierats av Miljöstimulansmedel. I Göteborgs Stads budget har miljöstimulansmedel avsatts för att bidra till att genomföra Göteborgs Stads miljömål som bl.a. Giftfri miljö, Levande sjöar och vattendrag och Hav i balans samt levande kust- och skärgård. Nämnder i Göteborgs Stad har sedan 2014 kunnat söka miljöstimulansmedel för att genomföra förnyande projekt som gör att vi når stadens miljömål. Miljöstimulansmedel ska hjälpa staden att genomföra effektiva åtgärder som leder till mätbara skillnader i miljön. Projektet "Spridningsvägar för mikroplast från vägtrafik" med Trafiknämnden som huvudsökande och med Kretslopp och vatten och Park och Naturförvaltningen som samarbetsparter har beviljats medel för gatusopning och mikroplastanalyser under 2017.

IVL Svenska miljöinstitutet fick uppdraget att utveckla metoder och analysera mikroplast, gummi och andra antropogena partiklar i gatusopningssand, gatusopningsvatten och dagvatten. Vatten Miljö Teknik vid Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik, Chalmers tekniska högskola har deltagit i planering av projektet och har utfört provtagningar av gatusopningssand och gatusopningsvatten. Vid Chalmers har kopplat till detta projekt även utförts ett 60 poängs examensarbete "Street sweeping to reduce organic pollutants sorbed to small particles". Vid Kretslopp och vatten har tidigare genomförts en kostnads-nyttö analys om dagvattenrening och kopplat till detta projekt har även ett 30 poängs examensarbete utförts vid Chalmers "Multi-criteria analysis of sustainable management practices for polluted road runoff in Vitsippsbäcken".

Följande personer har deltagit i arbetet

Maria Aronsson,
Helen Galfi,
Kerstin Magnusson,
Maria Polukarova och Ann-Margret Strömwall,

Kjell Gustafsson,

Göteborgs Stad, trafikkontoret
Göteborgs Stad, Kretslopp och vatten
IVL Svenska Miljöinstitutet
Chalmers tekniska högskola, Vatten Miljö Teknik,
Institutionen för arkitektur och
samhällsbyggnadsteknik
Göteborgs Stad, park och naturförvaltningen

Förklaringar av begrepp som förekommer i rapporten

Asfalt består av sten och bindemedlet bitumen som är en tung oljeprodukt. Sten och bitumen värms upp och blandas i ett asfaltverk till en asfaltmassa. Genom att variera stenmaterial, stenstorlek och bindemedel får man asfalt med varierande egenskaper. Räknat i vikt-% innehåller asfalt cirka 6 % bindemedel, resten är sten. Omvandlar man detta till volymandelar blir det cirka 14 % bindemedel. Ökande trafiklast och större krav på god beständighet hos asfaltbeläggningar har medfört att tillsatsmedel har blivit allt vanligare i asfaltmassor. Exempel på tillsatsmedel är vidhäftningsmedel, polymerer, fibrer och släppmedel.

Dagvatten är regn- och smältvatten som rinner av från hårdgjorda ytor via diken eller avloppsledningar till avloppsreningsverket eller direkt ut till närmsta vattendrag.

Gatusopningssand är det material som sopas upp med städmaskin och består av silt, sand och grus, samt slitage av vägbeläggning, däck, bromsar, men också rester från oljor, fordonsavgaser samt organiskt material och skräp. Kornstorleksfördelningen (sammansättningen) på gatusopningssanden som har provtagits i detta projekt presenteras i Figur 5.

Gatusopningsvatten består dels av det vattnet som användes av sopsopningsbilen för att binda damm vid gatusopningen, dels det eventuella regnvattnet som sögs upp av bilen om gatusopningen skedde på blött underlag och det innehåller dammpartiklar.

Gummipartiklar är partiklar som uppstår genom slitage av fordonsdäck. Gummi framställs idag både av saven från gummiträd (naturgummi) och industriellt (syntetiskt). För att få fram de egenskaper som man önskar tillsätts olika ämnen som t.ex. kimrök och oljor. Nyckeln till att få ett stabilt, formbart och beständigt material är att vulkanisera gummit. Ordet kommer från att man använder svavel (som man kan bryta i vulkaner) för att skapa mycket hårda kemiska bindningar i materialet.

Mikroplast definieras i denna rapport som små partiklar, 0,001–5 mm, bestående av människan syntetiserade polymerer från petroleum eller petroleumrelaterade biprodukter. Begreppet mikroplastpartiklar syftar i denna rapport på alla former av mikroplast, t.ex. plastfibrer, plastfragment och plastflagor. Det finns ingen vedertagen definition av mikroplaster och i många rapporter som publicerats de senaste åren har den inkluderat även gummi (Magnusson m.fl., 2016). I denna rapport utgör dock gummi en egen kategori partiklar, skild från mikroplaster.

Generellt karaktäriseras också mikroplastpartiklar av att de är fasta (vätskor och vaxer ingår inte), de är inte vattenlösliga, och nedbrytningshastigheten är mycket långsam, mellan hundratals till tusentals år. Man skiljer på primär och sekundär mikroplast. Primära mikroplaster är avsiktligt tillverkade, t.ex. industriella plastpellets, plastkuler för blästring, komponenter i mediciner eller i hygienprodukter. Sekundär mikroplast uppkommer genom fragmentering av större plastprodukter, till exempel fibrer från kläder, färgflagor, eller bitar av sönderdelat plastskräp.

1 µm (mikrometer) är 0,001mm

Sammanfattning

Göteborgs stad har i samarbete med IVL och Chalmers utfört denna studie för att identifiera spridningsvägar för mikroplast och trafikrelaterade partiklar som däckgummi och asfalt till dagvatten. Studien har utförts genom veckovis gatusopning och parallell provtagning av gatusopningssand, gatusopningsvatten och dagvatten från hårt trafikerade ytor vid Vitsippsbäckens tillrinningsområde vid Sahlgrenska Sjukhuset i centrala Göteborg. Resultaten visar att den största andelen antropogena partiklar (partiklar som genereras genom olika former av mänsklig aktivitet) i gatumiljön inte är mikroplast utan andra partiklar som härrör från vägtrafik, t.ex. gummi- och bitumenpartiklar. Koncentrationer på upp till 6000 gummi- och lätta bitumenpartiklar $\geq 20 \mu\text{m}$ per liter detekterades i det dagvatten som rinner ut i Vitsippsbäcken. Resultatet visar därmed att mikroplaster och andra antropogena partiklar sprids från vägar till vattendrag via dagvatten. Studien visar också att gatusopningsmaskinen tar upp stora mängder antropogena partiklar från gator och därför är en bra metod för att förebygga problematik med dessa partiklar i dagvatten. Resultaten visar också att det behövs fler lösningar än frekvent gatusopning för att åtgärda problemen med spridning av mikroplaster och andra mikroskopiskt små antropogena partiklar från vägar till dagvatten. Det stora antalet totala antropogena partiklar som förekommer i gatusopningsvatten och i gatusopningssand indikerar att uppsamlat material och vatten från gator borde behandlas eller hanteras för att förhindra spridning till dagvatten och vattendrag. Fortsatta studier behöver fokusera på att bestämma partiklar 20–100 μm och mindre för att kunna kvantifiera de mängder som sprids från vägar till dagvatten.

1. Bakgrund

De största källorna till mikroplast i Sverige har i IVL:s rapport bedömts vara slitagepartiklar från däck och vägar samt konstgräsplaner (Magnusson m fl., 2016). I definitionen av mikroplast inkluderades då även gummi-partiklar. I Miljöförvaltningens kunskapssammanställning Mikroplast i Göteborg 2016, har man beräknat utsläppen av dessa källor lokalt, vilket resulterat i följande uppskattningar:

Slitage av bildäck ger upphov till 310¹ ton mikroplaster per år i Göteborg. Till detta kommer ytterligare 20 ton mikroplaster från slitage av vägmärkning och 0,6 ton mikroplaster från polymermodifierad bitumen.

I Miljöförvaltningens rapport utpekas behov av kunskapshöjande åtgärder och att analys av mikroplast i dagvatten som kommer från trafikerade områden har hög prioritet. En viktig uppgift är därför att bestämma hur mycket mikroplast som sopas upp vid städning av gator. Göteborg Stads gator och gång- och cykelbanor halkbekämpas med flis (krossat berg) och/eller salt (saltlake). Flisen tas upp vid vårstädningen genom sopning och uppsamling och innehåller diverse föroreningar och skräp. Man använder speciella gatusopningsmaskiner. Gatusopning sker därefter enligt följande:

- Absoluta centrum en gång i veckan.
- Övriga centrum enligt skyltning men minst fyra gånger per år.
- Övriga Göteborg enligt skyltning men minst tre gånger per år.
- Punktinsatser sätts in vid behov.

Vid vårstädningen i Göteborg består sopsanden huvudsakligen av krossat berg. Efterkommande underhållssopningar innehåller uppsopat material som samlats vid rännstensbrunnar och vägkanterna. Denna så kallade gatusopningssand består främst av silt, sand och grus, samt slitage av vägbeläggning, däck och bromsar. Där finns också rester från oljor och fordonsavgaser, samt organiskt material som t.ex. gräs och löv, och skräp som t.ex. kaffemuggar, fimpar, godis- och glasspapper. I gatusopningsanden antas att det finns giftiga metaller, organiska miljögifter och mikroplaster som härrör från bl.a. bromsbelägg, däck, oljor, bilavgaser och fordonskarosser (Markiewicz m fl., 2017; Göteborgs Miljöförvaltning 2016; Magnusson m fl., 2016; Deletic och Orr, 2005).

Mellanlagring av uppsamlat material sker på flera platser i Göteborg under vintersäsongen (oktober-april). I avtalen med entreprenörerna ingår att de ska omhänderta detta material vid säsongens slut. Entreprenören kan skicka materialet till en avfallsmottagare. Alternativt kan materialet rengöras genom till exempel tvätt och harpning som är en grovsortering där större stenar, skräp och andra främmande material tas bort. Om materialet ska användas för anläggningsändamål måste föroreningshalten kontrolleras.

Mängden uppsopat material i Göteborg mäts inte. Mängden flis (krossat berg) som används per kalenderår är dock känt. År 2008 uppskattades de totalt uppsopade mängderna av sopsand till 750 000 ton i Sverige (Sveriges kommuner och Landsting, 2008).

¹ Beräkningen är justerad efter IVL:s uppdaterade rapport (Magnusson m fl., 2016)

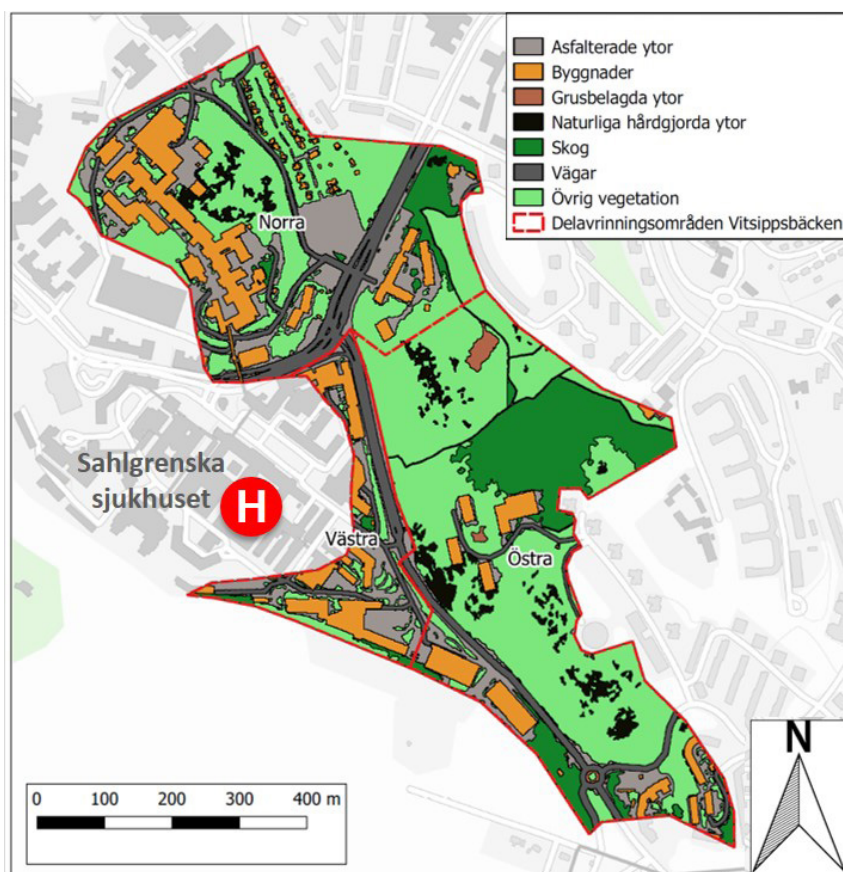
Det finns ett stort behov av att öka kunskapen om hur mikroplast och andra potentiellt skadliga antropogena partiklar sprids från trafiken för att finna effektiva metoder för att förhindra spridning av dessa via dagvattnet. Kunskapsläget är inte tillräckligt för att vi idag ska kunna föreslå åtgärder som kan ge direkt effekt när det gäller att minska partiklar från trafik som sprids via dagvattnet. Detta projekt har som syfte att undersöka hur mikroplaster och andra antropogena partiklar transporteras från vägbanan till vattendragen. Ett viktigt mål med projektet är också att utveckla lämplig provtagnings- och analysmetoder för att bestämma koncentrationer av dessa partiklar i gatusopningssand, gatusopningsvatten och dagvatten. Syftet med projektet är att få bättre kunskap om hur stort problemet med skadliga antropogena partiklar i dagvatten är och hur det på bästa sätt kan hanteras.

2. Metodik

Fältstudien har utförts i ett urbant avrinningsområde med hårt trafikerade ytor där regnvattnet samlas upp i dagvattensystemet som avvattnar till Vitsippsbäcken.

2.1 Platsbeskrivning

Vitsippsbäcken rinner vid Sahlgrenska Universitetssjukhuset, genom Botaniska trädgården och Fågeldammarna i Slottsskogen, ut till Göta älv i Södra Göteborg. Vitsippsbäcken har identifierats som en känslig recipient som via kommunala ledningar tillförs dagvatten från kraftigt förorenade ytor med en trafikintensitet mellan 10 000–20 000 fordon/dygn. I Vitsippsbäckens avrinningsområde ingår delar av Sahlgrenska byggnader i Västra delen, delar av Göteborgs universitetets byggnader och stora parkeringsytor i Norra delen, och naturmark och trafikvägar i Östra delen, se Figur 1 och Tabell 1.

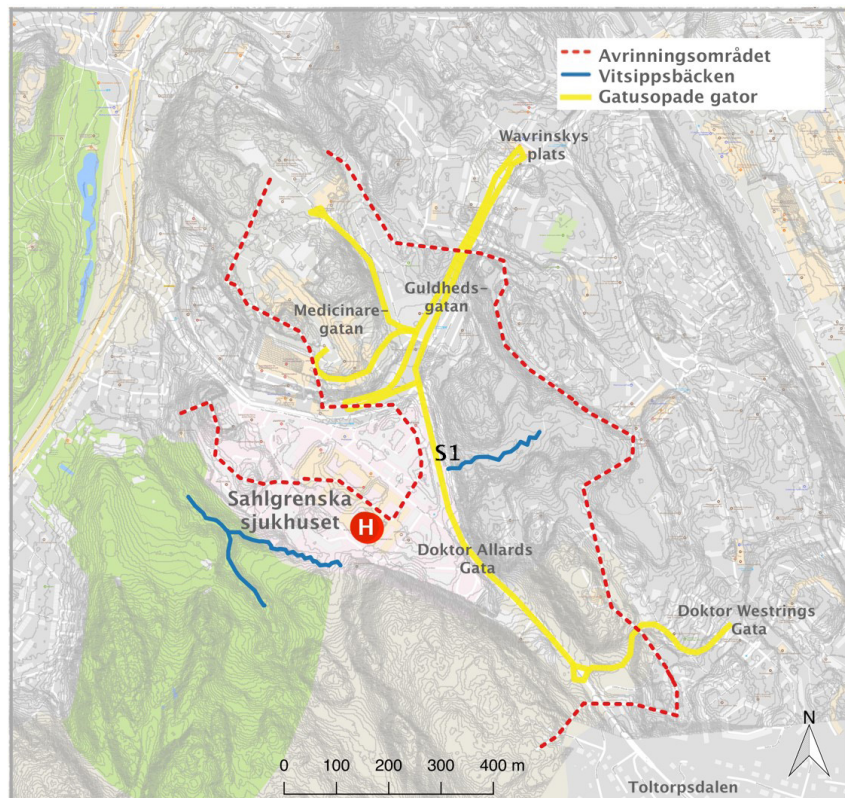


Figur 1. Vitsippsbäckens avrinningsområde vid Sahlgrenska Universitetssjukhuset.

Tabell 1. Markanvändning (m²) i Vitsippsbäckens avrinningsområde och delavrinningsområden

Marktyp	Totalarea	Area Västra	Area Norra	Area Östra
Asfalterade ytor	75 590	16 297	43 390	15 960
Byggnader	58 026	13 362	31 114	13 550
Grusbelagda ytor	2 114	0	26	2 088
Naturliga hårdgjorda ytor	14 086	28	3 801	10 258
Skog	51 615	1 749	8 314	41 551
Vägar	43 508	10 399	21 855	11 262
Övrig vegetation	198 614	8 085	71 623	118 921

2.2 Gatusopning



Figur 2. De kommunala gatorna som har sopats i denna studie och som har avrinningsområde till Vitsippsbäckens före Botaniska trädgården (Polukarova, 2018).

Gatusopning av trafikerade ytor i Vitsippsbäckens avrinningsområde sker normalt en gång i månaden från maj till november. Från 17 augusti 2017 sopades denna rutt i stället varje vecka. Totalt blev det tolv sopningstillfällen fram till 7 december 2017, med uppehåll i november då gatorna var fyllda med löv. Observera att de stora parkeringsytorna som finns i avrinningsområdet inte har sopats i denna studie.

Gatusopning utfördes på de i Figur 2 gulmarkerade gatorna. Det gällde följande vägsnitt:

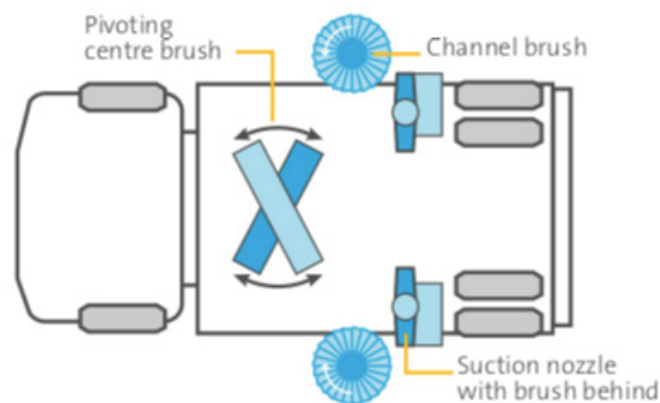
1. Ehrenströmsgatan, avsnitt inkl. korsningar mellan Guldhedsgatan i Norr och Doktor Allards Gata/Södermalmsgatan i söder.
2. Guldhedsgatan, avsnitt inkl. korsningar mellan Fricksgatan/Doktor Saléns Gata i Norr och Per Dubbsgatan/Ehrenströmsgatan i söder.

3. Doktor Allards Gata, avsnitt mellan Ehrenströmsgatan i väst och Syster Estrids Gata i öst.

4. Medicinaregatan.

Dessa fyra gator ingår i Vitsippsbäckens delavrinningsområde och dagvattnet leds ut i Vitsippsbäcken via kommunens dagvattenledningar. Vid varje provtagningstillfälle var gatusopningsbilen tom vid start och uppsamlat material tömdes ut på en uppläggningsyta i Bergsjön. Prover på gatusopningssand och gatusopningsvatten togs efter varje sopning.

Gatusopningen består av tre moment. Först sprutas det ut vatten ur flera munstycken över sopningsbilens bredd. Därefter samlas gatusopningssand upp av roterande borstar (Figur 3 och 4). Slutligen sugs sanden upp i uppsamlingsutrymmet i sopningsbilen. För att förhindra dammbildning sker även vattenbegjutning under sugningen. Om det har regnat är det inte nödvändigt att utföra första momentet.



Figur 3. Skiss över funktionen för en vanlig gatusopningsmaskin utrustad med borstar och uppsugningssystem, modell S9000 av Beam A/S. Källa: Beam A/S. (2018).

Figur 4 visar hur sopningsbilen är utrustad. Sopningsbilen är av modell VTJB651 tillverkad av Johnston och Beam. Beam står för borst, hydraul, luft, och elsystem, medan Johnstons tillverkar behållare, sug och sugmotor. Sedan monteras det av Johnstons Beam. I detta projekt användes en sopbil med borstar av stål.

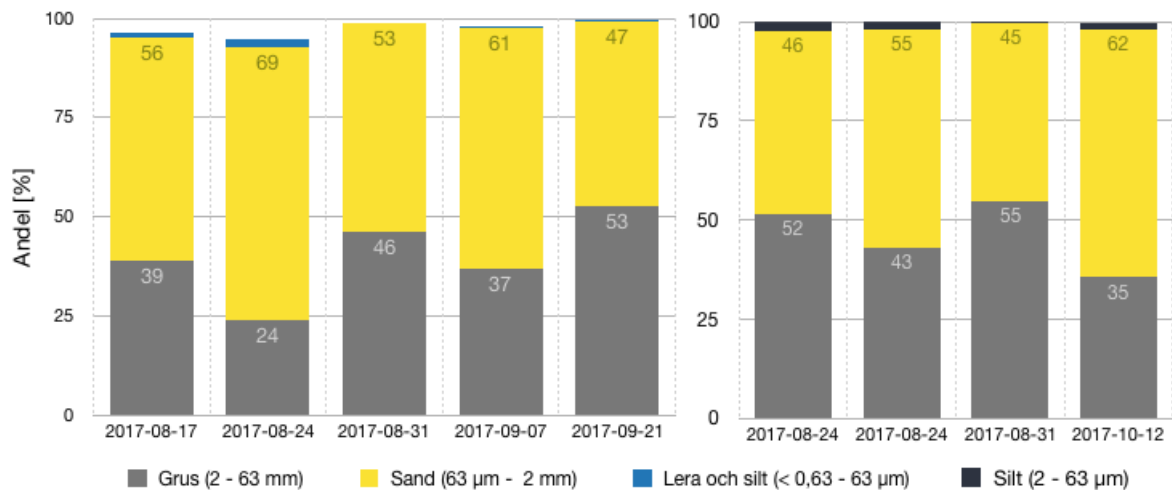


Figur 4. Gatusopningsbilen utrustad med borstar av stål och dess uppsugningssystem. Foto: Maria Polukarova

Materialet som gatusopningsmaskinens borstar samlade upp bestod av gatusopningssand och gatusopningsvatten. Gatusopningssandens kornstorleksfördelning (sammansättning) visas i Figur 5. Till vänster i Figur 5 visas resultat från siktanalyser genomförda enligt ISO13765-5. Siktningen gjordes med hjälp av siktar med masköppningar från 0,063 mm till 20 mm. Till höger i Figur 5 visas analysresultat där den vanliga mekaniska siktningen har kompletterats med lasersiktning (laserdiffraktion) för att få den mindre storleksfraktionen 2–63 μm . Analyser vars resultat visas i diagrammet till höger utfördes enligt ISO 11277:2009.

Kornstorleksklassificeringen utfördes enligt ISO 14688-1: 2002 och visade att sand var det dominerande materialet och utgjorde 45–69 % av den totala vikten. Gatusopningsvattnet bestod av det uppsugna vattnet och det eventuella regnvatten som fanns på gatorna vid sopning. Storleksfördelningen på partiklarna i gatusopningsvattnet presenteras i Polukarova (2018), tillsammans med koncentrationer av flera olika grupper av organiska miljögifter och inkluderade bl.a. ftalater som används som mjukgörare i plaster.

Gatusopningssanden och gatusopningsvattnet från vissa provtagningstillfällen har även analyserats för olika fysikaliska och kemiska parametrar, samt olika grupper av organiska miljögifter (Polukarova, 2018). Gatusopningsvattnet har också analyserats för förekomst och storleksfördelning av mikro- och nanopartiklar från 0,3 nm upp till 0,45 μm . Dessa partiklar har kvantifierats med hjälp av laserdiffraktion. Dock går det inte att bestämma den kemiska sammansättningen på partiklarna med denna teknik. Gatusopningsvattnet innehöll ett brett spann av mycket små nanopartiklar från strax under 1 nm upp till ~300 nm, och nanopartiklar i storleksordningen 100–250 nm förekom i de högsta koncentrationerna. Gatusopningsvattnet innehöll höga koncentrationer av organiska miljögifter som polycykliska aromatiska kolväten (PAH:er), ftalater (mjukgörare i plaster) och alkankolväten. Korrelationer mellan koncentrationer av de olika organiska miljögifterna, mikropulver och nanopartiklar utförs i kommande studier.



Figur 5. Kornstorleksfördelningen för den uppsamlade gatusopningsanden från de sex sopningstillfällena i augusti, september och oktober 2017 (Polukarova 2018). Analysen genomfördes enligt två olika metoder: vanlig mekanisk siktning (vänster) samt mekanisk siktning kompletterad med laserdiffraktion. Både analyserna visade att sand och grus var dedominerande materialen.

2.3 Provtagning av gatusopningssand och gatusopningsvatten

Efter avslutad gatusopningsrutt kördes sopningsbilen till en kommunal uppläggningsplats i Bergsjön. Där togs prov på gatusopningsvattnet i 10 liters glasflaskor. Tömning till provkärlen gjordes via en slang monterad på sopningsbilen (Figur 6b). Därefter öppnades luckan bak på bilen (Figur 6a) varvid resten av vattnet rann ut. Luckan kunde sedan öppnas helt för provtagning av gatusopningssand (Figur 6c). Gatusopningssanden togs direkt ur bilen och placerades i 10 liters plåthinkar eller 5 liters glasburkar som därefter täcktes med aluminiumfolie. Materialet fördelades i mindre provbehållare av glas och skickades till IVL för analys av mikroplaster och andra antropogena mikropartiklar. I slutet av oktober blev det så mycket löv i sopningsbilens behållare att sopningen fick avbrytas under november månad (Figur 6c, d). Ytterligare en sopning gjordes i december.



Figur 6. a. Öppning av luckan på gatusopningsmaskinen för tömning av gatusopningssand och gatusopningsvatten; b. Provtagning av gatusopningsvatten; c. Provtagning på gatusopningssand som vid detta tillfälle mestadels bestod av löv; d. Lövfylld gatusopningsbil. Bilder: Maria Aronsson och Maria Polukarova

Mellan augusti och december, 2017 togs totalt tolv prover vardera av gatusopningssand och gatusopningsvatten. Av dessa valdes åtta prover på gatusopningssandsediment och två prover på gatusopningsvattensopvatten ut för analys av mikroplast och andra antropogena mikropartiklar (Tabell 2).

Tabell 2. Provtagningar av gatusopningssand och gatusopningsvatten för analys av mikroplaster och andra antropogena mikropartiklar, hösten 2017.

Provtagningsdatum	Gatusopningssand	Gatusopningsvatten
2017-08-17	X	X
2017-08-24	X	
2017-08-31	X	
2017-09-07	X	
2017-09-14	X	
2017-09-28	X	
2017-10-12	X	
2017-12-07	X	X

2.4 Dagvattenprovtagning

Flödesproportionell provtagning och kemisk analys av dagvattenkvalitet har utförts under gatusopning mellan augusti-december 2017. Provtagningarna utfördes uppströms Vitsippsbäcken vid flera regntillfällen. Dagvattenkvalitetsprovtagningar, flödes- och nederbördsräkningar har utförts av DHI på uppdrag av Kretslopp och vatten. Regnmätaren placerades på Blå Stråket vid Sahlgrenska sjukhuset. Flödesproportionell provtagning utfördes i dagvattenbrunn ADN26227 som samlar upp dagvatten från hela

avrinningsområdet innan det släpps ut till Vitsippsbäcken (Figur 7). En automatisk provtagare (typ ISCO) installerades i denna dagvattenbrunn under provtagningsperioden för att samla upp ett flödesproportionellt samlingsprov per regntillfälle och efter varje provtagning har proverna levererats till IVL för analys av mikroplaster. Provvolymer för mikroplastanalyserna varierade mellan 3–7 L. Dagvattenproverna har även analyserats för andra kemiska parametrar och organiska miljögifter (Kretslopp och vatten, 2018).



Figur 7. Provtagningspunkt i Vitsippsbäckens avrinningsområde vid Sahlgrenska Universitetssjukhuset i rödmarkerad dagvattenbrunn (ADN26227).

Mellan augusti och december 2017 togs totalt 5 samlingsprover på dagvatten vid 5 regntillfällen som analyserades för förekomst av mikroplaster och andra antropogena partiklar, se Tabell 3.

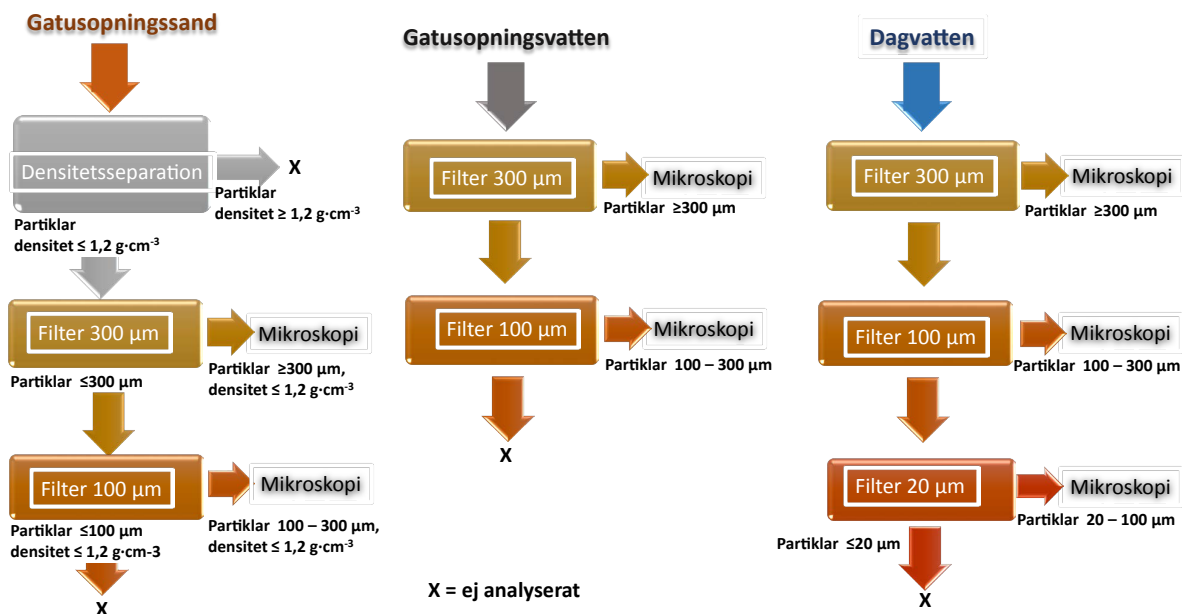
Tabell 3. Provtagningsstillfällen och volym dagvatten som analyserades vid respektive tillfälle. Notera att dagvattnet filtrerades sekventiellt, först en större volym genom 100 μm -filter och därefter en mindre delvolym genom 20 μm -filter.

Datum	Provtagningsvolym (liter)	
	100 μm -filter	20 μm -filter
2017-09-07	6,3	0,20
2017-09-11	6,9	0,125
2017-10-25	6,4	0,27
2017-11-23	5,4	0,12
2017-11-28	2,7	0,13

2.5. Analysmetod för antropogena partiklar

En översikt över stegen i den analysmetod för mikroplaster och andra antropogena partiklar som har utvecklats för gatusopningssand, gatusopningsvatten och dagvatten visas i Figur 8.

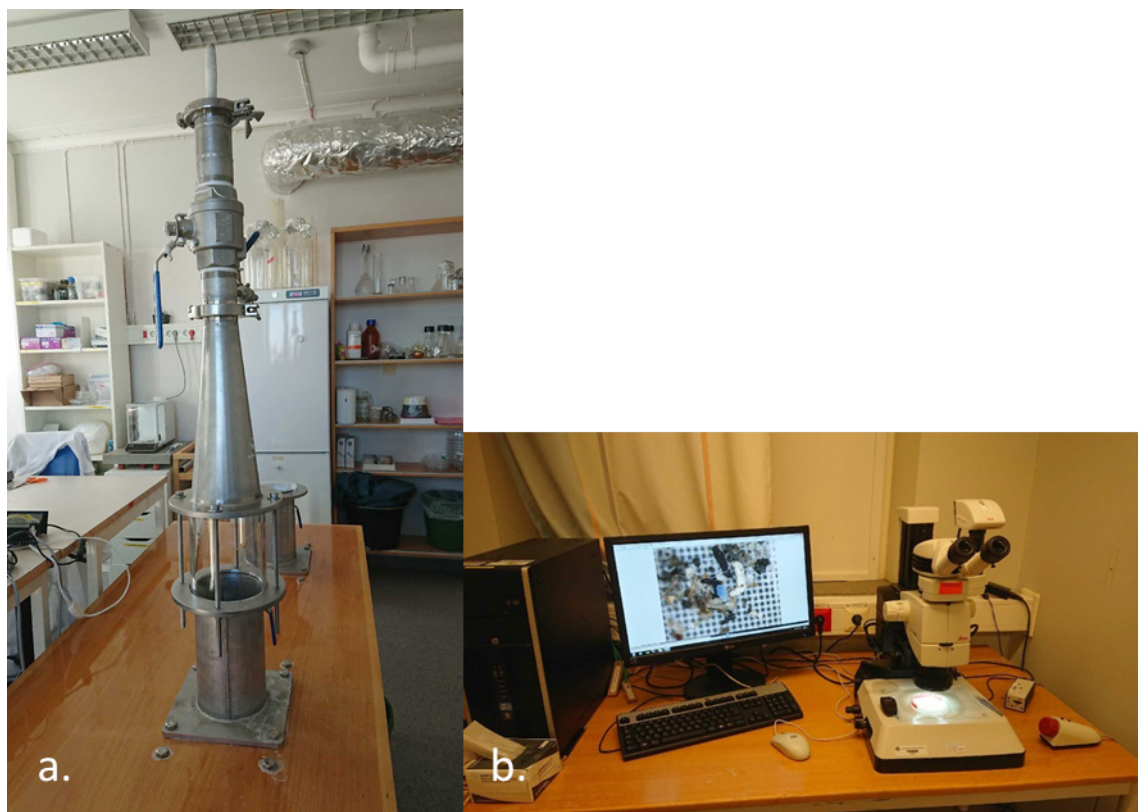
Metod för analys av mikroplaster



Figur 8. Metod för att analysera mikroplaster i gatusopningssand, gatusopningsvatten och dagvatten utvecklad av IVL.

Proverna av dagvatten och gatusopningsvatten skakades väl och filtrerades först över ett filter med maskstorleken 300 µm och därefter genom ett filter med maskstorlek 100 µm. Dagvattenproverna filtrerades därefter genom ytterligare ett filter med maskstorlek 20 µm. Detta resulterade i tre filter med olika storleksfraktioner av partiklar för varje dagvattenprov, 20–100 µm, 100–300 µm, ≥300 µm, och två filter med storleksfraktionerna 100–300 µm respektive ≥300 µm för gatusopningsvattnet och gatusopningssanden.

Första steget inför analys av antropogena partiklar i gatusopningssand var att separera mineralpartiklar från lättare partiklar, vilka bl.a. inkluderar plastpartiklar. Avskiljningen gjordes genom densitetsseparation med mättad saltlösning av NaCl, (densitet 1,2 g·cm⁻³) i ett specialdesignat torn som konstruerats av IVL och modifierats utifrån en förlaga av Imhof et al. (2012), se Figur 9a. Tornet, som är av rostfritt stål och ca 1 meter högt, fylldes med den mättade saltlösningen, varefter grusproverna tillsattes i små portioner från toppen. Proverna separerades då i saltlösningen så att partiklar med en densitet >1.2 g·cm⁻³ (framför allt mineralpartiklar) sjönk till botten medan partiklar med en densitet ≤1.2 g·cm⁻³ förblev flytande i saltlösningen. Provet lämnades i ca 6 timmar varefter saltlösningen dekanterades av. Den dekanterade saltlösningen filtrerades i sekvens över filter med maskstorleken 300 och 100 µm. Detta resulterade i två filter med partiklar i storleksfraktionerna 100–300 µm respektive ≥ 300 µm.



Figur 9. a Torn för densitetsseparation av sopsandsprover. Tornet fylls med en mättad saltlösning där tunga mineralpartiklar sjunker till botten medan lättare plast- och andra antropogena partiklar flyter upp och kan avskiljas; b. Stereomikroskop för optisk analys av mikroplast och vägpartiklar.

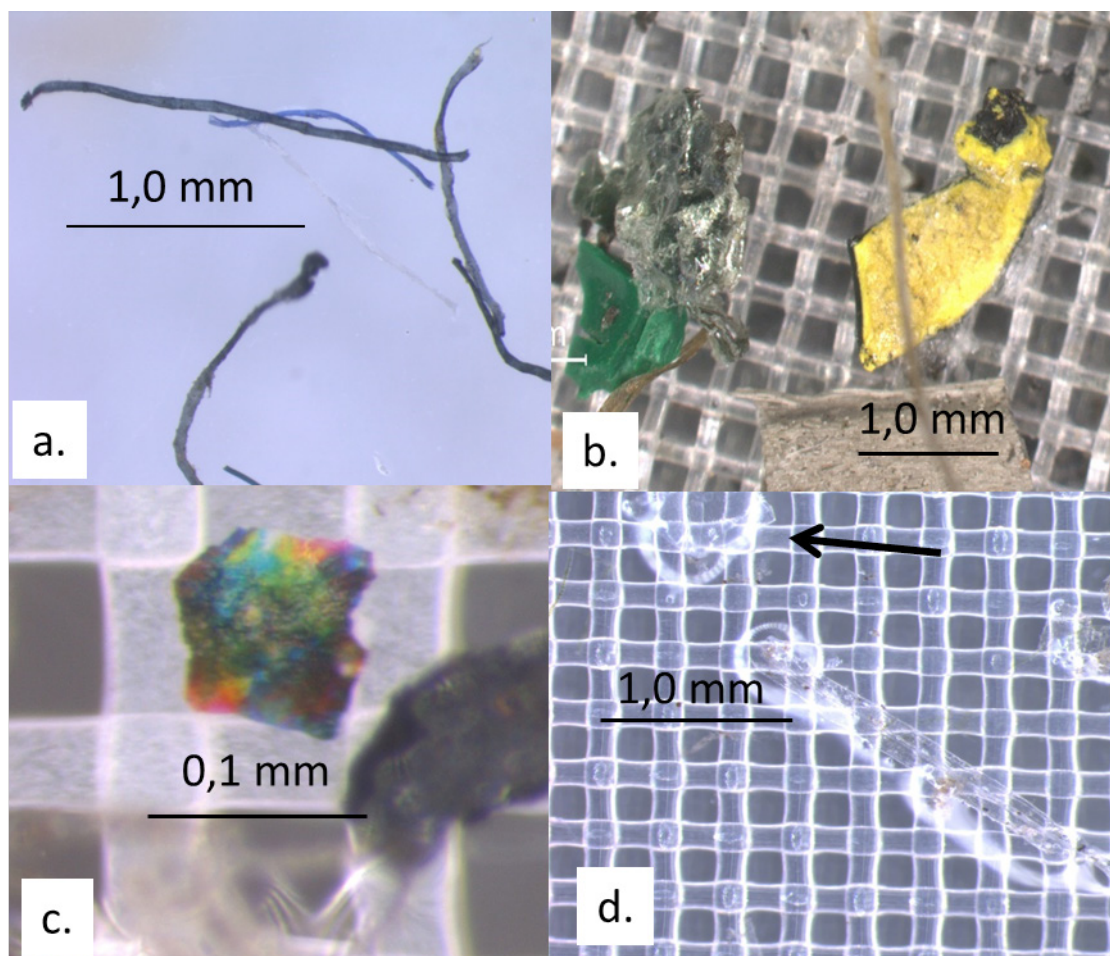
Samtliga filter analyserades optiskt med stereomikroskop (Leica, 100x). Mikroplastpartiklar som detekterades i gatusopningsand och gatusopningsvatten delades in i fyra morfologiska kategorier: plastfibrer, plastfragment, plastflagor och plastfilm. Med plastfragment avses partiklar med utpräglad tredimensionell form, plastflagor är tunnare som t.ex. flagor av plastfärg och med plastfilm avses tunn plast av den typ som används t.ex. för att täcka över mat. Termen plastpartiklar används som ett samlingsnamn för alla dessa kategorier. I Figur 10 visas exempel på partiklar från respektive kategori. Mikroplastpartiklar i dagvattenproverna delades endast in i två kategorier, plastfibrer och övriga plastpartiklar. Vid osäkerhet över partiklar som misstänktes vara av plast gjordes ett s.k. smälttest. Partiklarna lades på ett objektglas som hölls över lågan från en spritlampa och om de smälte ansågs de bestå av plastpolymer.

Vilka partiklar som skiljs ut från gatusopsanden vid densitetsseparation beror på densiteten av den använda lösningen och densiteten av partiklarna. Flertalet vanliga plastsorter har en densitet som är lägre än mättad NaCl-lösning ($1.2 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$). Exempel på plastmaterial som dock har en högre densitet och därmed kan förväntas sjunka till botten tillsammans med mineralpartiklarna, är t.ex. polyuretan och polyvinylklorid (PVC). Det finns saltlösningar med högre densitet som skulle kunna användas t.ex. ZnCl_2 eller NaI men dessa har andra nackdelar, ZnCl_2 är klassat som miljöfarligt och NaI är mycket dyrt.

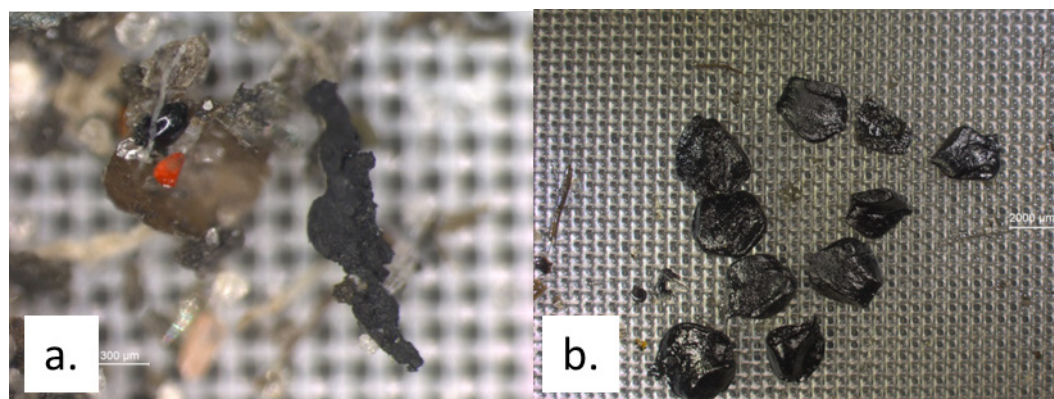
Förutom mikroplastpartiklar identifierades två typer av svarta partiklar, gummipartiklar och tjärliknande partiklar (Figur 11). I resultatdelen redovisas dock dessa gemensamt som en grupp. Gummipartiklarna, vilka sannolikt kom från slitage av bildäck, identifierades förutom genom det

generella visuella intrycket, genom att trycka på dem med pincett eftersom den gummiartade strukturen var mycket tydlig vid beröring. Även tjärliknande partiklar som vi tror utgör rester av bitumen kunde bestämmas genom en kombination av visuell och taktill identifikation. Dessa förmodade bitumenpartiklar hade en karakteristisk seg och klabbig struktur och pressades samman vid tryck med pincetten.

I de flesta prover var antalet gummipartiklar i det analyserade materialet betydligt högre än antalet bitumenpartiklar. Det är dock möjligt att densitetsseparationen varit mer effektiv för gummi än för bitumen, vilket skulle innebära att det finns en risk att mängden bitumen underskattats.



Figur 10. Exempel på mikroplastpartiklar av olika kategorier. a. Plastfibrer; b. Plastfragment; c. Plastflaga; d. Plastfilm (pilen)



Figur 11. Svarta lätta partiklar med $\leq 1.2 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. a. Gummipartikel från fordonsdäck; b. Tjärliknande partiklar, sannolikt rester av bitumen från asfalt.

3. Resultat och diskussion

3.1 Mikropartiklar i gatusopningssopsand, gatusopningsvatten och dagvatten

Tre huvudgrupper av antropogena partiklar identifierades i proverna:

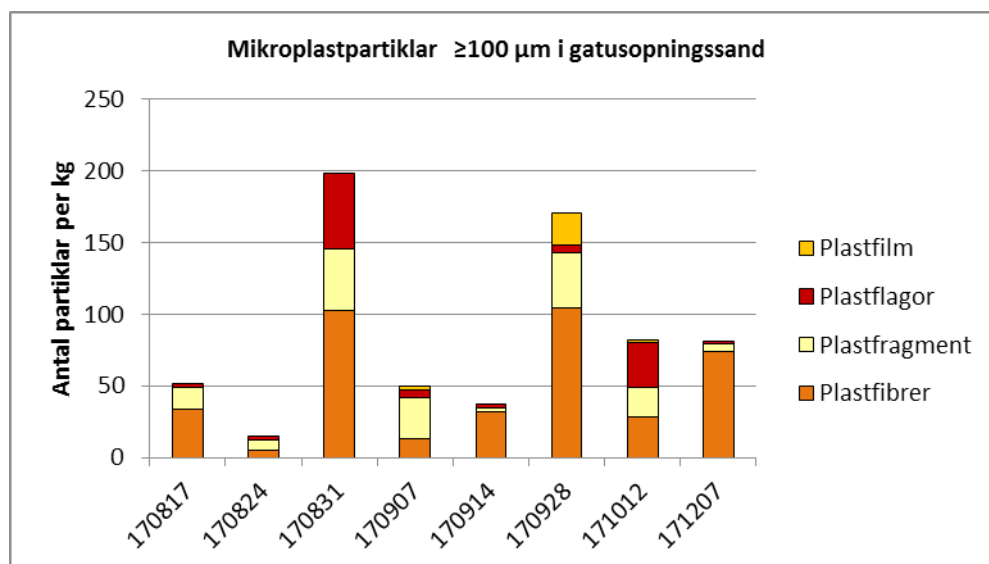
1) mikroplast 2) gummipartiklar från bildäck, och 3) tjärliknande partiklar som sannolikt utgörs av bitumen från asfalt. I resultaten delas mikroplasterna i gatusopvatten och gatusopningssand in i kategorierna plastfragment, plastfilm, plastflakor och plastfibrer, och i dagvattenproverna endast i kategorierna plastfibrer och övriga plastpartiklar. Gummi- och bitumenpartiklarna har inte separerats utan presenteras som en gemensam grupp.

3.2 Mikroplast

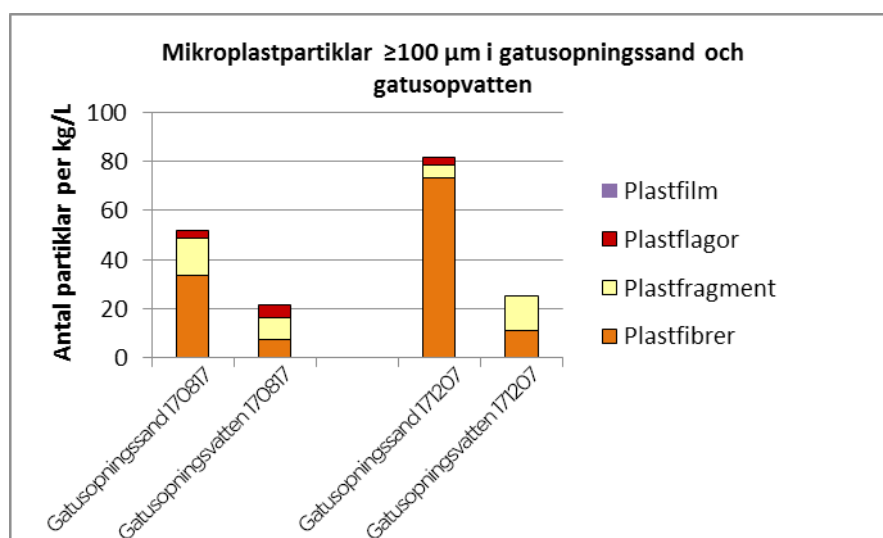
Totala antalet mikroplastpartiklar $\geq 100 \mu\text{m}$ (summan av det som fångats upp på 300 resp. 100 μm -filtren) i gatusopningssanden varierade mellan 15 och 200 partiklar per kg (torrvikt) vid de olika mättillfällena (Figur 12). Proverna med gatusopningsvattnet innehöll 21 resp. 25 mikroplastpartiklar per liter (Figur 13). Vid bägge mättillfällen då både gatusopningsvatten och gatusopsand analyserades var antalet mikroplastpartiklar högre i sopsand (antal per kg torrvikt) än i sopvattnet (antal per liter vatten) (Figur 13). För att göra en korrekt jämförelse mellan partikelkoncentrationen i de två matriserna skulle man dock behövt göra en massbalans, vilket är utanför ramen för denna studie.

Koncentrationen av mikroplastpartiklar $\geq 100 \mu\text{m}$ i dagvatten varierade mellan ~2 och 10 partiklar per liter vid de fem olika mättillfällena (Figur 14). Den var alltså betydligt lägre än koncentrationen av mikroplastpartiklar i samma storleksklass i såväl gatusopningssand som i gatusopningsvatten. Koncentrationen av mindre plastpartiklar, $\geq 20 < 100 \mu\text{m}$, i dagvatten var 50 och 160 partiklar per liter, vilket var drygt 10 gånger högre än antal partiklar $\geq 100 \mu\text{m}$ (Figur 15). Den mindre partikelstorleksfraktionen 20–100 μm analyserades inte i gatusopningssand eller i gatusopningsvatten.

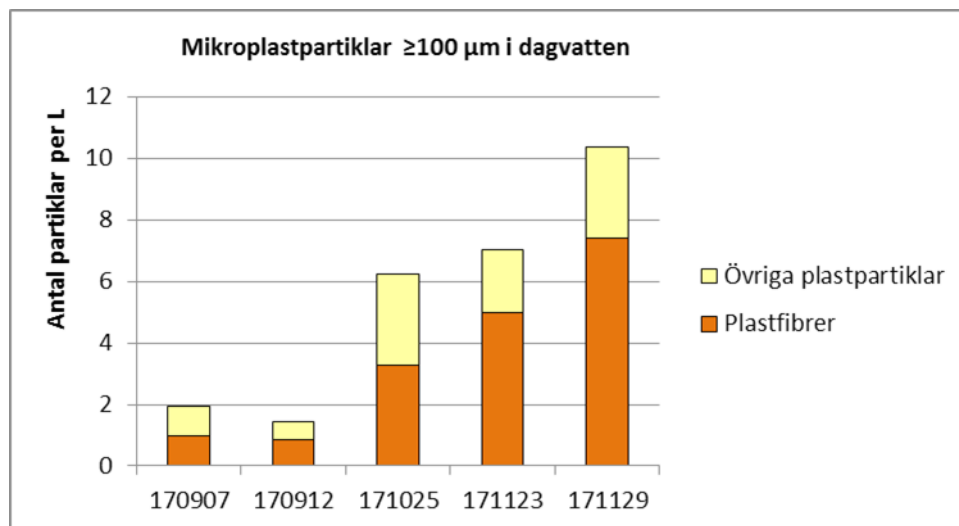
Plastfibrer utgjorde ofta en betydande del av mikroplastpartiklarna $\geq 100 \mu\text{m}$ i såväl gatusopningssand, gatusopningsvatten som dagvatten (Figur 12, 13 och 14). Däremot var fibrerna mindre dominerande bland plastpartiklar $\geq 20 \mu\text{m}$ i dagvatten (Figur 15). Plastfilm detekterades i ytterst få prover.



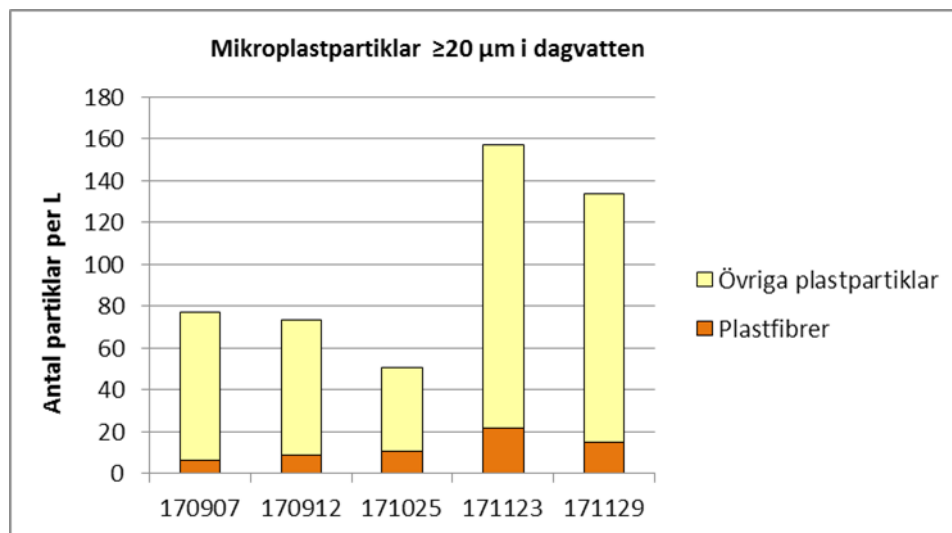
Figur 12. Mikroplaster ≥ 100 mikrometer (summan av partiklar uppsamlade på 300 resp. 100 mikrometer-filter) i gatusopningssand från Vitsippsbäckens tillrinningsområde vid åtta mätillfällen under hösten 2017. Data presenteras uppdelat i kategorier plastfilm, plastflagor, plastfragment och plastfibrer.



Figur 13. Mikroplaster ≥ 100 mikrometer (summan av partiklar uppsamlade på 300 resp. 100 mikrometer-filter) i gatusopningssand och gatusopningsvatten vid två mätillfällen efter sopning av gator i Vitsippsbäckens tillrinningsområde. Data presenteras uppdelat i kategorierna plastfilm, plastflagor, plastfragment och plastfibrer.



Figur 14. Mikroplaster ≥ 100 mikrometer (summan av partiklar uppsamlade på 300 resp. 100 mikrometer-filter) i dagvatten vid fem regntillfällen i Vitsippsbäckens tillrinningsområde under hösten 2017. Data presenteras i kategorierna plastfibrer och övriga plastpartiklar.

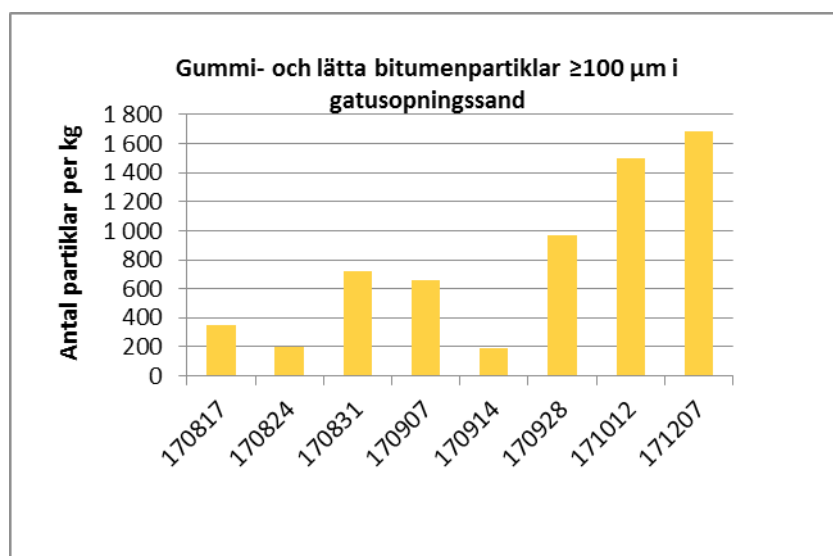


Figur 15. Mikroplaster ≥ 20 mikrometer i dagvatten vid fem mättillfällen i Vitsippsbäckens tillrinningsområde hösten 2017. Data presenteras i kategorierna plastfibrer och övriga plastpartiklar. Observera att denna fraktion inkluderar partiklar ≥ 100 mikrometer i Figur 14.

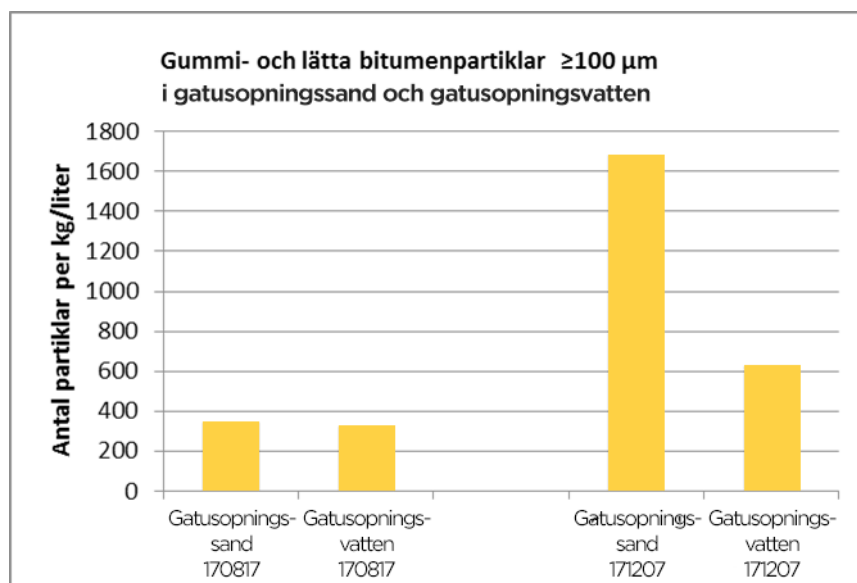
3.3 Gummi- och bitumenpartiklar

I samtliga matriser, gatusopningssand, gatusopningsvatten och dagvatten, detekterades gummipartiklar från däck och tjärliknande partiklar som misstänks komma från bitumen som är bindemedel i asfalt. Totala antalet vägpartiklar varierade mellan olika mättillfällen. Av partiklar större än 100 µm detekterades i gatusopningssand ca 200–1700 partiklar per kg och i gatusopningsvatten ca 300–600 partiklar per liter (Figur 16 och 17). Det var en tydlig trend att antalet partiklar ökade ju senare på året provtagningen hade gjorts, vilket kan bero på att fler små partiklar skapas genom malning av materialet på vägen när frekvensen av sopning ökar. Det stora antalet partiklar i provet i december kan också ha påverkats av fler bilar som använde dubbdäck.

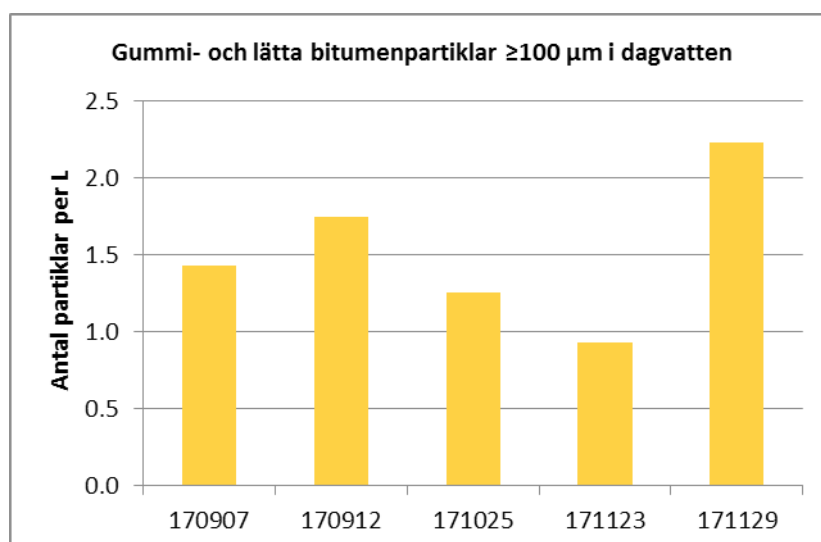
I dagvatten detekterades endast 1–2 gummi- och lätta bitumenpartiklar större än 100 µm per liter, medan antalet uppgick till 1500–6000 partiklar per liter om man inkluderade partiklar ner till 20 µm (Figur 18 och 19). Den mindre fraktionen partiklar, ≥ 20 – < 100 µm, analyserades inte i gatusopningssand och gatusopningsvatten. Till skillnad mot resultaten från analys av gatusopningssand och gatusopningsvatten kunde ingen tidsrelaterad trend i koncentration av gummi- och lätta bitumenpartiklar i dagvatten detekteras.



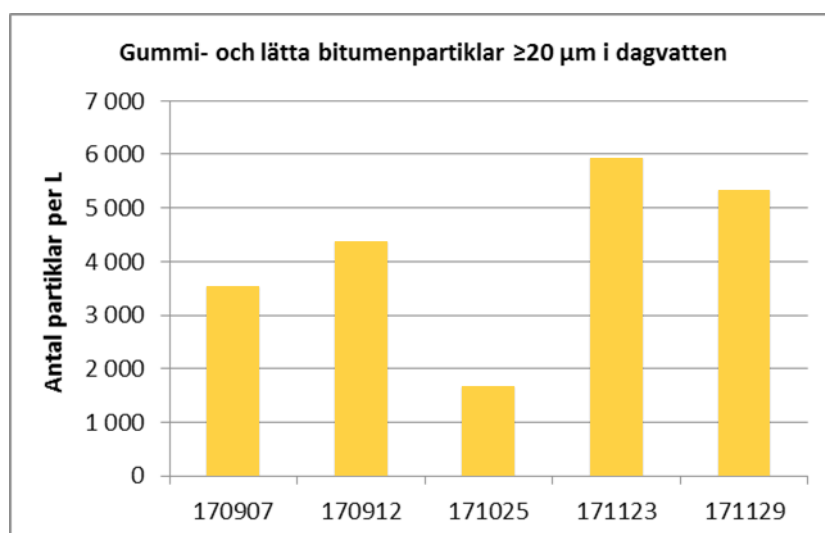
Figur 16. Antal gummi- och lätta bitumenpartiklar densitet $\leq 1,2 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ≥ 100 mikrometer (summan av partiklar uppsamlade på 300 resp. 100 mikrometer-filter) i gatusopningssand vid åtta mättillfällen under hösten 2017 och vid sopning av gator i tillrinningsområdet till Vitsippsbäcken.



Figur 17. Antal gummi- och lätta bitumenpartiklar ≥ 100 mikrometer (summan av partiklar uppsamlade på 300 resp. 100 mikrometer-filter) i gatusopningssand och gatusopningsvatten vid två mätillfällen vid sopning av gator i Vitsippsbäckens tillrinningsområde.



Figur 18. Antal gummi- och lätta bitumenpartiklar ≥ 100 mikrometer (summan av partiklar uppsamlade på 300 resp. 100 mikrometer-filter) i dagvatten vid fem regntillfällen under hösten 2017.



Figur 19. Antal gummi- och lätta bitumenpartiklar ≥ 20 mikrometer i dagvatten vid fem mätillfällen. Observera att denna fraktion inkluderar partiklar ≥ 100 mikrometer i figur 18.

4. Slutsatser och fortsättning

Från de gatusopningar och analyser av mikroplaster som utförts under hösten 2017 i Vitsippsbäckens tillrinningsområde kan följande slutsatser dras:

- Studien visar att gatusopningsmaskinen tar upp stora mängder mikroplaster från gator och därför är en bra metod för att förebygga problematik med mikroplaster i dagvatten.
- Trots den veckovisa gatusopningen spreds mikroplaster till dagvattnet och ingen förbättring kunde ses med tiden. Detta indikerar att det behövs fler lösningar för att fånga de minsta partiklarna än frekvent gatusopning för att åtgärda problemen med mikroplasters spridning till dagvatten.
- Det stora antalet mikroplaster som förekommer i gatusopningsvatten och gatusopningssand visar att både vatten och sand från gatusopningsmaskiner behöver behandlas eller hanteras på sådant sätt att spridning till dagvatten och vattendrag förhindras.
- Den största andelen av de antropogena mikropartiklar som detekterats i proverna bestod av gummi- och bitumen, och endast en mindre andel, ~10 % av partiklarna, utgjordes av plast.
- I gatusopningssanden var totala antalet antropogena partiklar $\geq 100 \mu\text{m}$ (mikroplaster, gummi- och bitumenpartiklar) ca 200–1800 per kg torrsvikt.
- I gatusopningsvatten var totala antalet antropogena partiklar $\geq 100 \mu\text{m}$ ca 350–650 per liter.
- I dagvattnet var totala antalet antropogena partiklar $\geq 100 \mu\text{m}$ ca 2–25 partiklar per liter. Antropogena partiklar $\geq 20 \mu\text{m}$ (inkluderar även partiklar $\geq 100 \mu\text{m}$) uppgick till 1700–6000 partiklar per liter dagvatten.
- Gummi- och lättare bitumenpartiklar som finns på vägar kan spridas till dagvatten då ett relativt stort antal partiklar $\geq 20 \mu\text{m}$, ca 1500–6000 per liter vatten, har uppmätts i dagvatten i denna studie.
- Totala antalet antropogena partiklar i dagvatten var >1000 ggr högre i storleksfraktionen 20–100 μm än i fraktionen $\geq 100 \mu\text{m}$. Kommande studier bör därför fokusera på att också mäta mikroplaster i den minsta fraktionen ($\geq 20 \mu\text{m}$ – $<100 \mu\text{m}$) i samtliga prover.

Ytterligare medel för att undersöka spridningsvägar för vägtrafik har beviljats för 2018. Under våren har vid två tillfällen samma rutt sopats med gatusopningsbilen och återigen har prov på gatusopningsvatten och gatusopningssand tagits. Fokus vid dessa tillfällen var att ta prov med en Wet Dust Sampler (WDS) före och efter sopning för att undersöka hur mycket mikroplast som inte sopas upp vid gatusopningen. WDS är en provtagare för vägdamm på vägytan utvecklad av Väg- och transportforskningsinstitutet (Jonsson m.fl., 2008). Vid första tillfället hade ingen gatusopning skett sedan december 2017. Nästkommande tillfälle var efter två veckor. Redovisning av resultaten kommer att ske under hösten 2018. Fortsatt sopning och analyser av mikroplaster kommer att ske inom ramen för projektet Innovativa och hållbara lösningar för att reducera förorening av vägar och vägdagvatten. Detta projekt sker inom ramen för det Strategiska innovationsprogrammet InfraSweden2030 som finansieras av Vinnova, Formas och Energimyndigheten. <http://www.infrasweden2030.se/>

Referenser

Beam A/S. (2018). The specialist range S9000–S14000. Hämtad 2018-06-14, från http://www.beamsweepers.com/wp-content/uploads/2015/02/beam_brochure_specialist_gb.pdf

Deletic, A. and Orr D.W. (2005). Pollution buildup on road surfaces. *Journal of Environmental Engineering*, 131(1), 49-59.

Imhof, H.K., Schmid, J., Niessner, R., Ivleva, N.P. and Laforsch, C. (2012). A novel, highly efficient method for the separation and quantification of plastic particles in sediments of aquatic environments. *Limnology and Oceanography: Methods*. Vol. 10, 524-537.

Jonsson, P., Blomqvist, G., and Gustafsson, M. (2008). Wet Dust Sampler: Technological Innovation for Sampling Particles and Salt on Road Surface. *Seventh International Symposium on Snow Removal and Ice Control Technology*, Transportation Research Circular, E-C126, 102-111.

Kretslopp och vatten (2018) Vitsippsbäcken – Mätning reningseffekt gatusopning. Ej publicerad rapport.

Magnusson, K., Eliasson, K., Fråne, A., Haikonen, K., Hultén, J., Olshammar, M., Stadmark J., Voisin, A. (2016) Swedish sources and pathways for microplastics to the marine environment, A review of existing data. IVL Svenska miljöinstitutet, report number C 183.

Markiewicz, A., Björklund, K., Eriksson, E., Kalmykova, Y., Strömvall A-M. and Siopi, A. (2017) Emissions of organic pollutants from traffic and roads: Priority pollutants selection and substance flow analysis. *Science of The Total Environment*. Vol. 580, 1162-1174.

Miljöförvaltningen i Göteborgs stad (2016). Mikroplast i Göteborg – kunskapssammanställning och förslag till åtgärder för att minska spridning till miljön. Miljöförvaltningen R 2016:12 ISBN nr:1401-2448.

Sveriges kommuner och Landsting (2008). Sopsand: avfall eller resurs?: hållbar hantering av halkbekämpningsmaterial ISBN-nummer: 978-91-7164-388-9

Polukarova, M. (2018). Street sweeping to reduce organic pollutants sorbed to small particles. Master's thesis Vatten Miljö Teknik, Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik, Chalmers tekniska högskola.

Dnr 2172/18
Trafikkontoret, Göteborgs Stad
Organisationsnummer: 212000-1355
www.goteborg.se/trafikkontoret
trafikkontoret@trafikkontoret.goteborg.se 031-365 00 00

