



LÄNSSTYRELSEN
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN

Marint mikroskopiskt skröp

Undersökning längs svenska västkusten
2013 & 2014



En blå textilfibrer i provet från stationen Byttelocket i Smögen.

Förstoring ~150 ggr.

Rapportnr: 2014:52

ISSN: 1403-168X

Författare: Dr Fredrik Norén, Dr Katja Norén och Dr Kerstin Magnusson, IVL Svenska Miljöinstitutet



Rapportansvarig: Anna Dimming

Foto: Fredrik Norén

Utgivare: Länsstyrelsen i Västra Götalands län, vattenvårdsenheten

Rapporten finns som pdf på www.lansstyrelsen.se/vastragotaland under Publikationer/Rapporter

Innehållsförteckning

Sammanfattning	4
Introduktion	5
Material och metoder	6
Provtagning	6
1. Filtrering av havsvatten med 300 µm filter	7
Filtrering av havsvatten med 10 µm-filter	8
Definitioner av mikrokräp	9
Statistiska analyser	9
Resultat	10
Mikrokräpshalter i Göteborg och Bohusläns kustvatten	10
1. Resultat - mikrokräp på 300µm-filter.....	10
2. Resultat - mikrokräp på 10 µm-filter.....	12
Materialstudier	15
FTIR analyser	15
Transparenta fibrer.....	15
Övriga textilfibrer.....	16
Vita och transparenta partiklar.....	16
Röda partiklar	17
Gröna partiklar.....	18
Blå partiklar.....	19
Diskussion	21
Generellt	21
1. Mikrokräp på 300 µm filter	21
2. Mikrokräp på 10µm filter	22
Erkännande	22
Referenser	23

Sammanfattning

Prover för mikroskopiskt skräp tog vid två tillfällen (höst 2013 och vår 2014) på fjorton lokaler, från Göteborg i söder till Smögen i norr.

- Halterna av mikrokräp varierade stort beroende på vilket filter som användes vid provtagning. Det var 1.000 till 1.000.000 gånger högre halter av antropogena partiklar på 10 µm filtret jämfört med 300 µm filtret.
- Antalet antropogena partiklar som fastnade på **300 µm** (0,3 mm) filter varierade från ~ 0 till ~10 partiklar/m³havsvatten
 - En högre förekomst i och utanför Göteborg kunde uppmätas med 72 partiklar/m³.
 - Den dominerade partikeltypen på alla stationer var fibrer. Över 90 % av alla partiklar var textilfibrer av olika slag.
 - Det var ~10 gånger högre halter i december 2013 jämfört med april 2014 vilket möjligen kan härledas till höga flöden och bräddning av kommunala avlopp under decemberprovtagningen.
 - Halterna är i samma storleksordning som vad som tidigare rapporterats för svenska kustvatten.
- I proverna som togs med **10 µm** (0,01 mm) filter återfanns ~ 30 partiklar/liter i genomsnitt
 - En betydligt högre förekomst av främst röda partiklar (534 partiklar/liter) uppmättes på **10 µm** filter vid *Galterön*. Kemiska analyser visade att partiklarna med stor sannolikhet består av syntetiska polymer och således har ett antropogent ursprung. Möjligen kan det vara partiklar av båtbottnfärg.
 - Halterna potentiella förbränningspartiklar på 10 µm filter var mycket höga i Göteborgsområdet (stationerna *Älvsborgsbron*, *Skalkorgarna* och *Dana fjord*). Genomsnittligt antal i Göteborgsområdet var ~ 3,400 partiklar/liter. Medelhalten för alla stationer var cirka 300 partiklar per liter. Stationen *Björkholmen* i den inre delen av Gullmarsfjorden hade lägst halter av potentiella förbränningspartiklar med 117 partiklar/liter.
- Alla kategorier av mikrokräp förekom i högst antal i Göteborgsområdet och lägst i vattenområden som Gullmarsfjorden och Koljöfjorden vilka ligger längst ifrån större städer eller industriområden.
- Resultaten pekar på att stadsmiljön är en viktig källa till marint mikroskopiskt skräp, både från kommunala avlopp samt olika former av förbränning.
- Resultaten pekar även på att sjöfarten kan vara en stor källa till marint mikroskopiskt skräp i form av flagor av båtbottnfärg som innehåller miljögifter.

Introduktion

Undersökningen studerade koncentrationen av mikroskopiskt skräp i vattnet utmed Göteborgs och Bohusläns kust. Proverna togs i december 2013 samt april 2014 på fjorton lokaler i samband med hydrografiska mätningar genom Bohuskustens Vattenvårdsförbund.

I denna rapport definieras mikroskopiskt skräp enligt EU:s havsmiljödirektiv (2008/56/EC) där alla mikroskopiska partiklar av mänskligt ursprung (dvs. antropogena), med vissa speciella undantag, räknas som skräp. Detta innebär att fokus inte enbart ligger på mikroskopiska plastpartiklar. Ett argument för detta är att det fortfarande är oklart vad de olika avfallstyperna har för risker för miljön.

Metodik och resultat från denna undersökning är indelad i två grupper;

1. *Partiklar som kvantifierats på ett nät med 300 µm (0,3 mm) maskvidd samt*
2. *Partiklar som kvantifierats på ett 10µm (0,01 mm) porfilter.*

Skälet till att provta i två storleksgrupper är främst att de två storleksfraktionerna förekommer i mycket olika koncentrationer; från några partiklar per kubikmeter (för partiklar som fångas upp på ett 300 µm filter) till tusentals per liter (för partiklar som fångas upp på ett 10 µm porfilter). En annan orsak är att 300 µm maskor ofta används i internationella studier (Cole, Lindeque, Halsband, & Galloway, 2011), men då dessa studier missar de minsta skräppartiklarna inkluderades även 10µm filter för att få en bättre helhetsbild. Dessa två storleksgrupper av partiklar, som indelas baserat på provtagningsmetodik, delas därefter upp i undergrupper beroende på material (naturliga polymerer eller syntetiska polymerer) samt typ av mikropartiklar (fibrer eller övriga partiklar). Även förekomsten av förbränningspartiklar särskiljs i resultaten. Syftet med dessa grupperingar är att termen mikrokräp är en för generell term för att ha någon praktisk nytta i arbetet med riskbedömning och möjliga åtgärder.

Nackdelen med detta sätt att gruppera förekomsten av mikroskopiska antropogena partiklar (MAP) är att den vanligaste ställda frågan *Hur mycket mikrokräp finns det i havet?* är svårare att svara på. Det beror på vad man syftar på med mikrokräp. Inkluderas mängderna av förbränningspartiklar, uppmätt på 10 µm filter, visar det sig att det är flera hundra tusen gånger högre skräphalter än vad som vanligen rapporteras. Detta beror på att de flesta andra internationella undersökningarna endast räknar plastpartiklar som fastnat i ett 300 µm nät och där proverna ofta tas i utsjövatten.

I denna studie har jämförelser och tolkningar av resultat utgått från de olika studerade storleksgrupper av mikrokräp som nämnts ovan.

För att avgöra vilket material partiklarna bestod av utfördes analyser med ett FTIR¹ mikroskopi. Endast ett fåtal av partiklarna kunde analyseras då flertalet partiklarna som studerades antingen var för små eller var för kemiskt nedbrutna för att tillåta jämförelse med befintligt referensmaterial.

¹ Fourier Transform Infra-Red spectroscopy

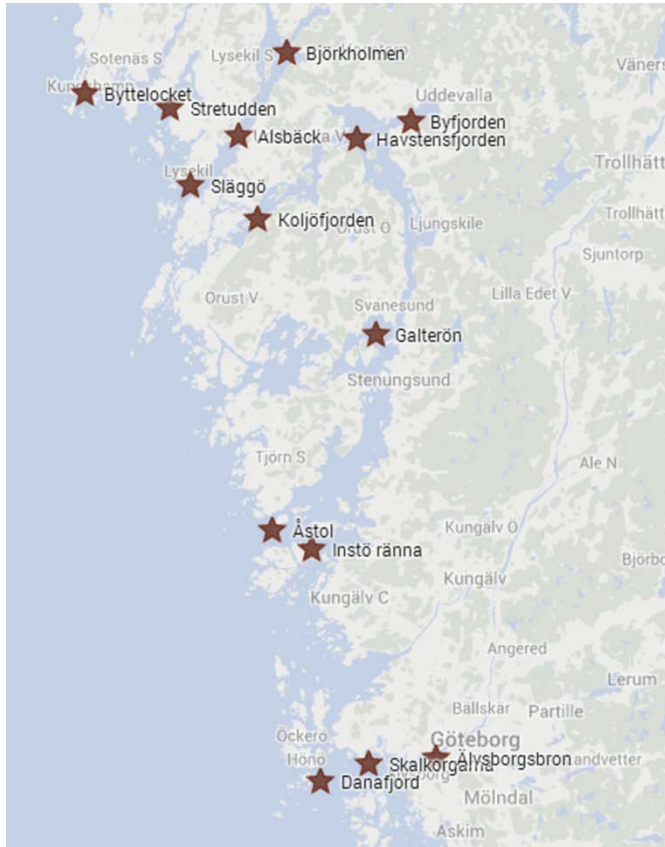
Material och metoder

Provtagning

Provtagningen genomfördes med R/V Sensor (Börjessons rederi) i samband med SMHI:s månatliga provtagning av hydrografiska parametrar för Bohuskustens vattenvårdsförbund den 3:e till 4:e december 2013 samt den 1:e och 2:e april 2014. Totalt besöktes fjorton stationer per provtagningsomgång, se Tabell 1 och Fig. 1.

Tabell 1 Sammanställning över provtagningsstationerna. Provvolymer anges i liter. Provvolymer för prover uppsamlade med 10 µm filter skiljer sig mycket åt beroende på hur mycket plankton och partikulärt material det fanns i varje vattenprov, från 0,75 liter till 2,5 liter. Miljötyperna anges som L; Landsbygd I; Industrihamn samt S; Stad.

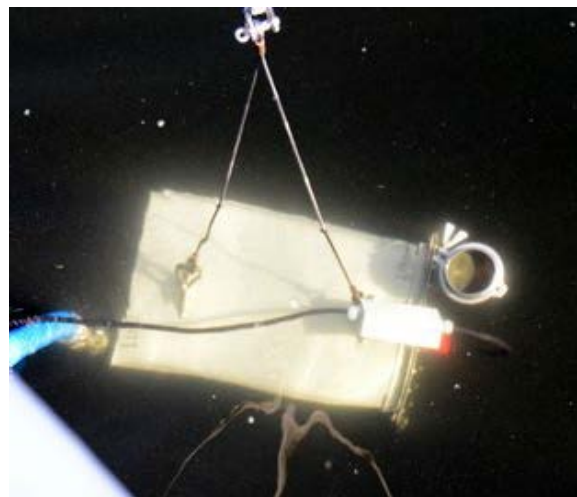
Station	Miljö	Nord	Öst	Provtagning 2013		Provtagning 2014	
				300µm prov (l)	10µm prov (l)	300µm prov (l)	10µm prov (l)
Byttelocket	L	58° 21' 22"	11° 14' 40"	2035	2,48	4281	0,78
Stretudden	I	58° 20' 60"	11° 24' 20"	4139	2,13	4133	0,85
Släggö	I	58° 15' 50"	11° 26' 00"	3250	1,98	4252	0,75
Alsbäck	L	58° 19' 40"	11° 32' 80"	3245	2,41	3931	1,1
Björkholmen	L	58° 23' 26"	11° 37' 60"	3878	2,62	4049	0,97
Koljöfjorden	L	58° 13' 80"	11° 34' 80"	3702	2,41	3983	0,85
Havstensfjorden	L	58° 18' 75"	11° 46' 40"	3047	2,41	4097	0,9
Byfjorden	I	58° 20' 00"	11° 53' 00"	2757	2,41	4233	0,97
Galterön	I	58° 06' 55"	11° 48' 60"	3077	0,50	4162	0,91
Åstol	L	57° 55' 22"	11° 35' 26"	2645	1,70	4000	0,8
Instö ränna	L	57° 54' 07"	11° 40' 00"	2716	1,28	4400	0,9
Danafjord	S	57° 40' 05"	11° 41' 20"	4345	1,42	4400	0,8
Skalkorgarna	S	57° 40' 73"	11° 46' 10"	2045	1,20	2016	0,5
Älsvborgsbron	S	57° 40' 50"	11° 54' 40"	2285	0,85	2000	0,45



Figur 1 Provtagningsstationerna utmed Bohuskusten vilka provtogs i december 2013 samt april 2014.

1. Filtrering av havsvatten med 300 µm filter

Grundprincipen för provtagningsmetoden är att en kraftig elektrisk pump sänks ned i en vattentät behållare av syrafast stål, se Fig. 2. På sugsidan, d.v.s. innan vattnet passerat pumpen, är en filterhållare monterad som håller ett nylon filter där basen i de kvadratiske filtermaskorna var 300 µm (leverantör Bopp Utildi). Pumphastigheten reglerades med en elektronisk styrenhet och den filtrerade volymen vatten mättes med en elektronisk flödesmätare (Flow X3). Pumprovtagaren hängdes i en ren stålvaajer (syrafast) och hängdes ut 2-3 meter utanför båten (låringsvis babord) med hjälp av en hydraulkran. Mynningen på insuget placerades så nära ytan som möjligt utan att filtret sköljdes rent av vågor. I praktiken varierade djupet på insuget mellan 0,1 och 1,5 meter då vågorna var höga i december (0,5-1,5 m) men låga i april (0,1-0,3 m). Filtren förvarades i pet-



Figur 2 Provtagaren för partiklar > 300µm nedsänkt under vattenytan för provtagning. Filterhållaren (ø 160 mm) syns till höger.

riskålar (genomskinlig PE) före och efter provtagning. Varje filter inspekterades innan provtagning och eventuell kontamination avlägsnades. Tiden som filtren hölls utanför petriskålarna, och därmed utsattes för risk för luftburen kontamination av främst textiltfibrer, hölls så kort som möjlig under hela provtagningen. Generellt hanterades filter med medvetenhet om kontamineringsrisken och på sätt som inte riskerade uppenbar kontaminering. Filter som misstänktes ha blivit kontaminerade användes ej. För att kvantifiera graden av kontamination togs även tre kontrollprover för metoden/handhavandet. Hanteringen av dessa kontrollprover skedde på samma sätt som för riktiga prover med undantaget att volymen vatten som filtrerades minimerades till cirka 5 liter.

Analyserna av 300 µm filter gjordes i lupp (Bausch) med förstoring 10x – 50x med sidobelysande kalljuslampa. Filtret analyserades med petriskålslocket på i en första omgång. Därefter togs locket av och individuella skrappartiklar handplockades för fortsatta analyser.

Filtrering av havsvatten med 10 µm-filter

Vattenproverna togs från ytvattnet, integrerande en 4 dm vattenpelare från cirka 1 dm djup, med en Ruttnerhämtare (Normtecc AB, modell SMHI, vol. 2,5 liter). Proverna togs i fören av provtagningsfartyget under december 2013 samt midskepps utmed CTD-vajern i april 2014. Provtagningspunkten valdes för att minimera påverkan från fartygets kylvatten som blandades med avgaserna i aktern. Ruttnerhämtaren sköljdes minst fem gånger, inkluderande en stängning av provtagaren, innan provet togs. I laboratoriet på RV Sensor hängdes Ruttnerhämtaren upp på samma sätt som övriga vattenhämtare för att underlätta tömning ur den undre silikonslangen. Tömningsslangen var fast monterat med en förslutningsbar syrafast filterhållare (modifierad variant av VWR art. nr 300-0009). Provtagningsfiltret, 10 µm polykarbonatfilter (Sterlitech PCTF10047100) lades på ett stödfilter (polyester, 300µm) för att öka genomströmningen. Undertrycket på filtrets rensida skapades av en vanlig vakuumpump i båtlaboratoriet. Individuella filter förvarade i speciella filterhållare av klarplast (PE, Millipore art. nr PD1504700, PetriSlides) både före och efter filtrering. Tiden då filtren förvarades utanför PetriSlide-hållarna minimerades.

Kontrollprover för metodens kvantitativa kontaminering togs genom att kontrollfilter behandlades på samma sätt som vanliga provfilter men utan att vätska filtrerades ned på filtren.

Analyserna av 10 µm-prover gjordes under mikroskop med epibelysning (modell Olympus BH; mikroskoptypen används för t.ex. metallurgiska studier) i 100- 400x förstoring. Bilder togs med en Nikon D90 kamera. Partiklar handplockades för studier i FTIR mikroskopi (se nedan) med hjälp av egentillverkade mikropipetter och transfererades via vattendroppar.

I denna undersökning har flera metoder använts för att försöka avgöra partiklarnas material. Vi har fått fram värdefull information om partiklarnas färg och textur genom att använda ljusmikroskopi där belysningen sker från sidan (epi-belysning) och om eventuella interna strukturer med hjälp av genomlysande ljus (transmissionsljus). Interna strukturer är viktiga egenskaper för att urskilja biologiskt material från antropogena material. Vidare hade ljusmikroskopet utrustats med polarisationstillsets för att studera partiklarnas eventuella möjlighet att bryta polariserat ljus vilket gör det möjligt att särskilja olika typer av fibrer. Till ljusmikroskopet har även en fluorescenstillsets använts för att studera egen-fluorescens från olika material under UV belysning. Denna analys kan antingen påvisa om fibrer

har behandlats med optiska vitmedel, eller passerat ett reningsverk som tar emot sköljvatten från diskmaskiner. Analyserna med FTIR mikroskop (Bruker LUMOS) skedde på Swereas materiallaboratorium i Mölndal. Förutom olika mikroskop genomfördes även smälttester för att avgöra om individuella partiklar bestod av syntet eller icke-syntetiska polymerer. Dock får man vara medveten om att inte alla syntetiska polymerer är termoplaster, ex. polyeten, utan även termostabila såsom epoxi förekommer i proverna.

Definitioner av mikrokräp

Skräp definieras som *antropogena partiklar* som avsiktligt, eller oavsiktligt, har hamnat i naturen med människans hjälp. Termen *antropogena partiklar* anger att de är framställda eller behandlade av människan. *Mikrokräp* kan definieras på flera olika sätt men vi har valt en allmänt accepterad begränsning till partiklar mindre än 5 mm (Hidalgo-Ruz, Gutow, Thompson, & Thiel, 2012).

Vid analys av proverna har mikrokräpet delats in i olika grupper efter material och morfologi. En grov uppdelning har gjorts i fibrer, plastpartiklar och förbränningspartiklar. Fibrer kan utgöras av antingen syntetiska polymerer ("plast") eller av naturliga antropogena polymerer som t.ex. cellulosa från textilier. För att skilja de senare från naturliga polymerer från växt- eller djurdelar som förstås också förekommer i vattnet kallas de i rapporten för *icke-syntetiskt fibrer* eller textilfibrer.

Termen *partikel* används både generellt för alla typer av skräpobjekt ("skräppartiklar"), men även specifikt för skräpobjekt som inte är *fibrer* eller har en annan namngiven form som t.ex. *flagor*.

En viktig grupp mikrokräp utgörs av partiklar som har sitt ursprung i någon form av förbränning (Flagan, 1988). Dessa *förbränningspartiklar* har i huvudsak två ursprung: 1) aska, d.v.s. partiklar bestående av ämnen som inte har förbränts i processen samt 2) kolinnehållande partiklar som uppstår genom pyrolys av bränslet. Båda typerna av partiklar är komplexa kemiska blandningar och mycket svåra att karakterisera med avseende på innehåll då varje partikel har olika ursprung med avseende på bränsletyp och omständigheter kring förbränningsprocessen. Kolpartiklarna är dock i allmänhet svarta och kallas på engelska *black carbonaceous particles* eller på svenska *svarta partiklar*. Ett specialfall av förbränningspartiklar är de runda/sfäriska svarta partiklarna som också uppstår i flera förbränningsprocesser.

Statistiska analyser

Varje station grupperades i en av tre lokaltyper; Landsbygd, Industrihamn samt Stad. Se Tabell 1 för grupperingen. För att kunna jämföra de olika skräpsorternas relativa förekomst för olika lokaltyperna, har halterna räknats om till relativa värden (procent av total förekomst för år 2013 och 2014).

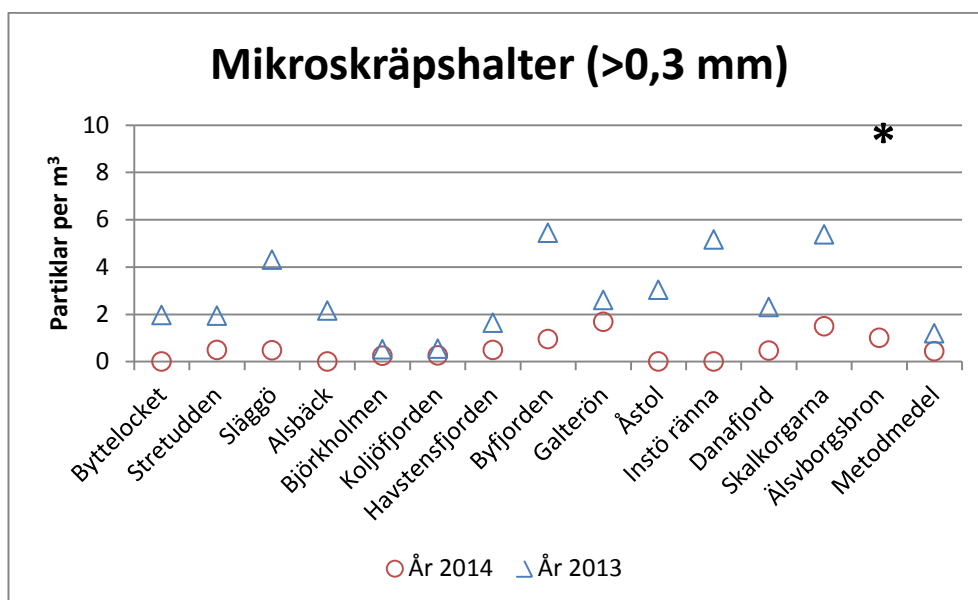
Resultat

Mikroskräpshalter i Göteborg och Bohusläns kustvatten

Resultaten delas upp mellan de två storleksgrupperna; 300µm och 10 µm. Det återkommande mönstret mellan de två metoderna är att halterna är högst närmast städerna. Högst halter har Göteborgsområdet följt av Uddevalla, Stenungsund och Lysekil (stationerna Byfjorden, Galterön samt Släggö).

1. Resultat - mikroskräp på 300µm-filter

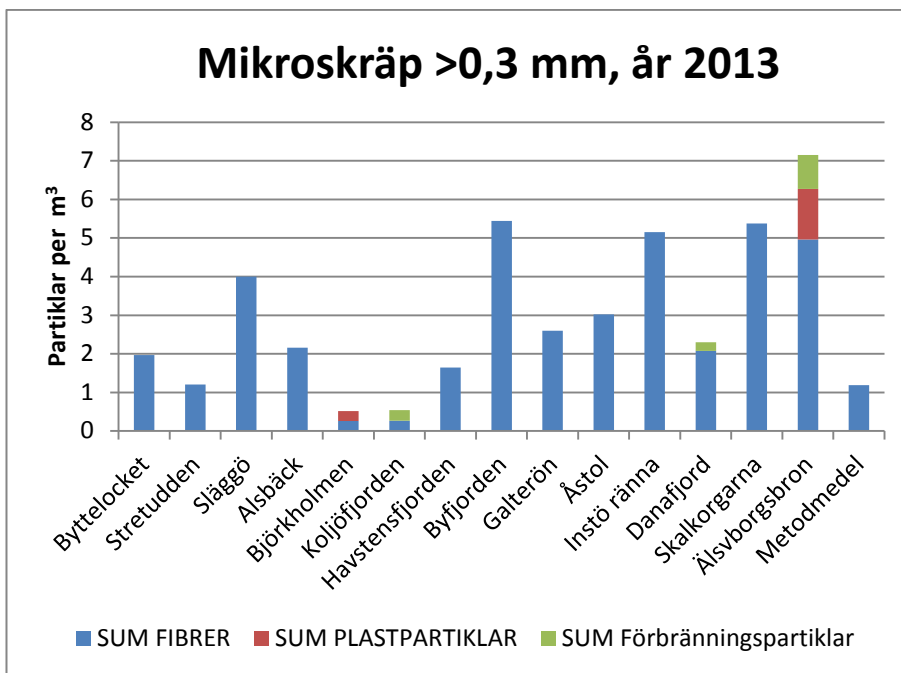
Generellt var det mer mikroskräp i vattnet under decemberprovtagningen 2013 (medel= 10,3, S.D. = 17,0) jämfört med vårprovtagningen 2014 (medel= 0,84, S.D. = 0,3) se Figur 3. På stationen Älvsborgsbron var halten 72 partiklar per kubikmeter vilket dominerades av cellulosa-fibrer (se vidare diskussionen).



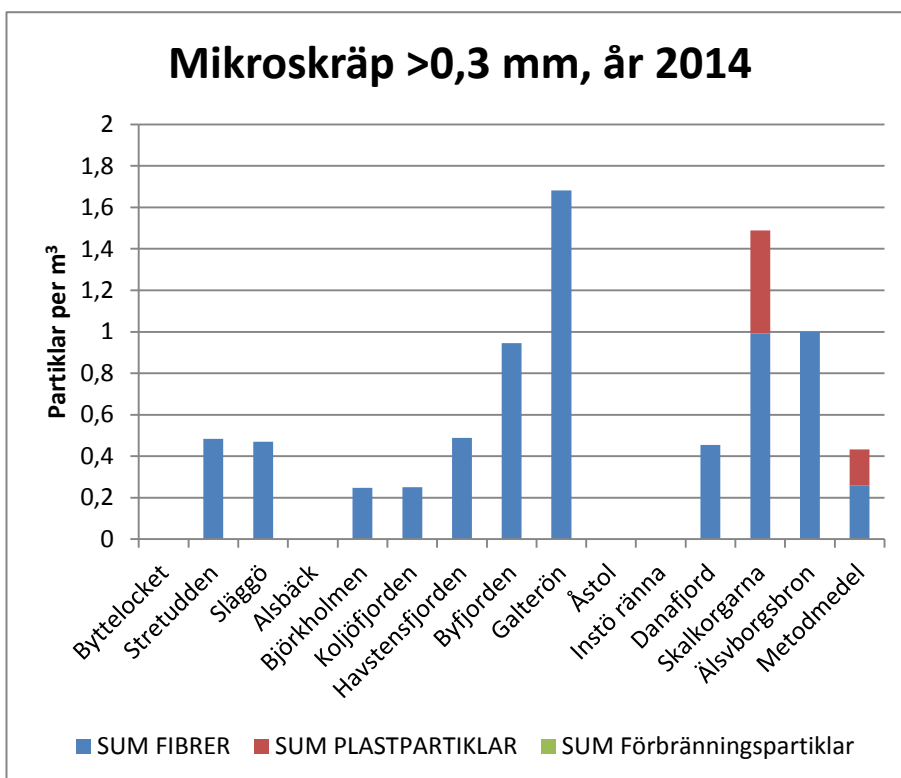
Figur 3 Koncentrationer av samtliga grupper av mikroskräp längs västkusten. Prover tagna i december 2013 samt april 2014. Notera de lägre halterna år 2014 jämfört med år 2013.

* Koncentrationen vid Älvsborgsbron 2013 var 72 partiklar per m³.

Förekomsten av olika typer av mikroskräp var relativt homogen för prover på 300 µm filter. Förekomsten dominerades stort av textilfibrer och dessa utgjorde 97 % av alla partiklar 2013, (Figur 4), och 93 % år 2014, (Figur 5). Textilfibrerna bestod under 2013 till 31 % syntetfibrer (ex. polyester, nylon m.m.) samt 69 % icke-syntetiska fibrer (bomull och ylle). Textilfibrerna bestod under 2014 till 55 % syntetfibrer (ex. polyester, nylon m.m.) samt 45 % icke-syntetiska fibrer (bomull och ylle).



Figur 4 Fördelningen av olika skräpkategorier i proverna (300 µm filter) år 2013. Notera att de höga halterna av fibrer (72 per kbm) på station Älvsborgsbron är ersatt med ett medelvärde för alla stationer.



Figur 5 Fördelningen av olika skräpkategorier i proverna (300µm filter) år 2013. Saknas staplar hittades inga mikroskräpspartiklar i provet.

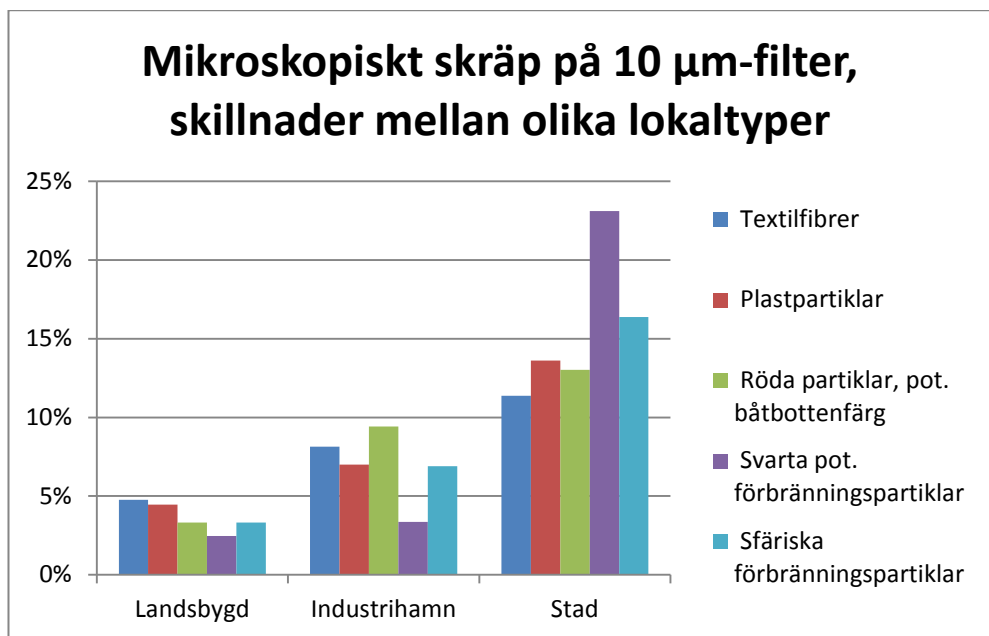
2. Resultat - mikrokröp på 10 µm-filter

Halterna av mikroskopiska skräppartiklar varierar stort mellan de olika kategorierna och summeras i Tabell 2, dock är variationerna inom varje kategori mycket små mellan de två provtagningstillfällena.

Tabell 2 Sammanställning av koncentrationer av mikroskopiskt skräp på 10 µm-filter vid de två provtagningstillfällena. Alla värden är partiklar per liter. Notera skillnaden gentemot partiklar på 300 µm-filter som anges per kubikmeter.

Antal partiklar/liter havsvatten	2013			2014		
	medel	min	max	medel	min	max
Textilfibrer (syntetiska + icke synt. polymerer)	11	0,0	34	5	1	18
Plastpartiklar	7	0,4	20	13	1	68
Röda partiklar, potentiell båtbotenfärg	87	4	462	82	26	296
Svarta potentiella förbränningspartiklar	1042	113	6765	1050	132	6129

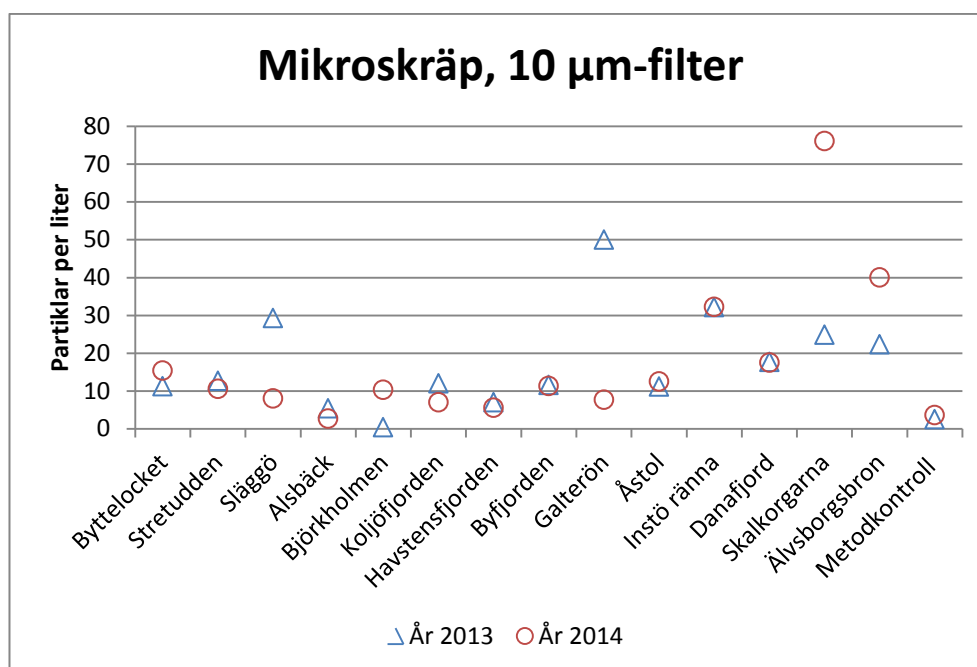
Halterna av mikrokröp skiljer sig åt mellan de olika stationerna i undersökningen. I områden längst ifrån städer eller större hamnar (stationerna i Gullmarsfjorden: Alsbäck och Björkholmen samt stationerna i fjordsystemet norr och öster om Orust; Havstensfjorden och Koljöfjorden) var halterna av mikrokröp lägst. I områdena runt Göteborg (stationerna Älvsborgsbron, Skalkorgarna samt Danafjord) och Stenungssund (station Galterön) var halterna högre, se Fig. 6, 7, 8 och 9.



Figur 6 Skillnader i förekomst av mikroskopiskt skräp mellan olika lokaliteter (dessa beskrivs i Tabell 1). Halterna är normaliserade inom varje skräpkategori som procent av totalantalet partiklar inom varje kategori.

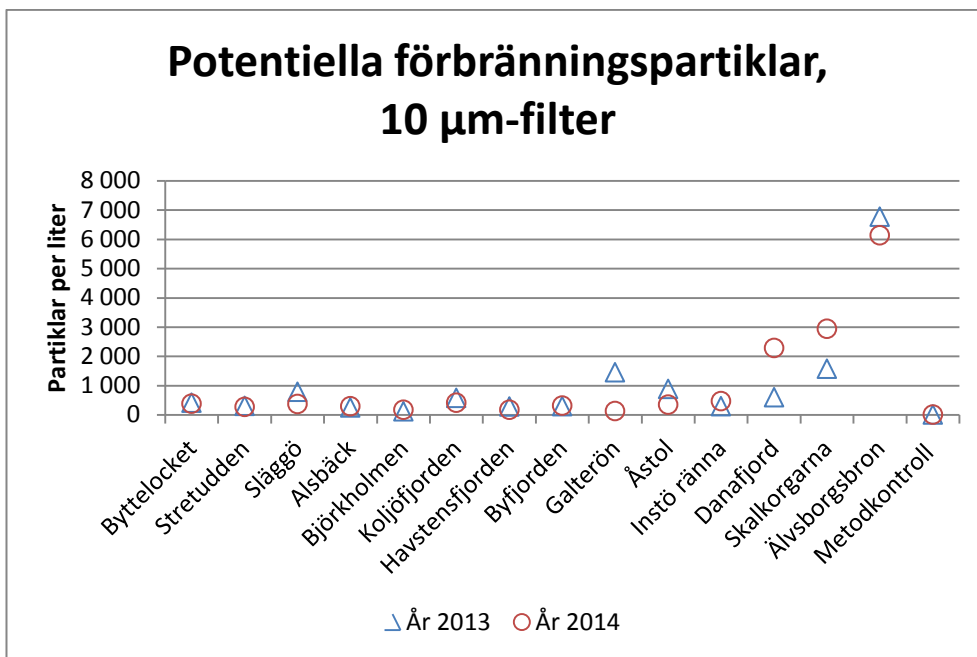
Tabell 3 Sammanställning av skräphalter uppdelat på hela området, Göteborgsområdet (stationerna Älvsborgsbron, Skalkorgarna och Danafjord) samt övriga stationer. Medelvärden (partiklar per liter) för år 2013 och 2014.

	medelvärden (partiklar per liter)				
	Textil-fibrer	Partiklar (syntetiska polymerer)	Röda partiklar	Sfäriska svarta	Pot. förbränningspartiklar
Alla stationer	8	10	84	16	1046
Göteborgsområdet	12	21	153	46	3383
Alla stationer exklusive Göteborgsområdet)	7	7	66	10	409

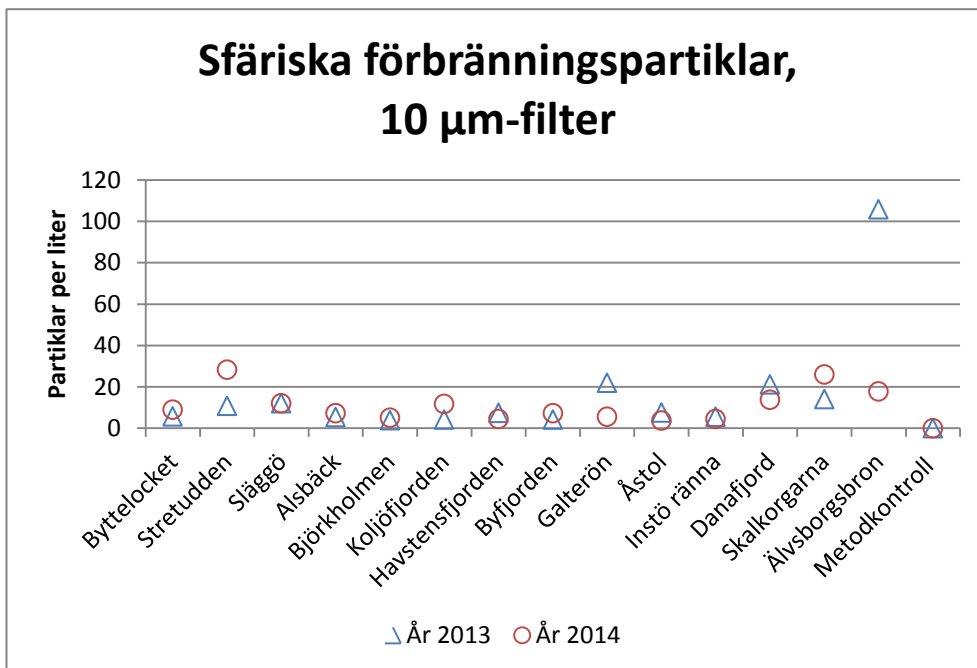


Figur 7 Summa mikroskräp på ett 10 µm filter för de två provtagningsstillfällena. Röda partiklar (potentiella båtbottnfärgpartiklar) samt svarta förbränningspartiklar visas i Figur 8.

Halterna av potentiella förbränningspartiklar var mycket höga i Göteborgsområdet med halter på ~3.300 partiklar per liter, se Tabell 3. Medelvärdet av potentiella förbränningspartiklar på övriga stationer var ~400 partiklar per liter. Halterna av de lätt igenkännbara svarta runda partiklarna var i medeltal 16 partiklar per liter för alla station med förhöjda halter i Göteborg samt på industrihamnslokalerna Stretudden (Preemraff Brofjorden) och Galterön (Stenungssund), se Figur 9.



Figur 8 Summa potentiella förbränningspartiklar.



Figur 9 Förekomst av sfäriska förbränningspartiklar vilka är lätt igenkännbara och en typisk partikeltyp från förbränningsprocesser.

Materialstudier

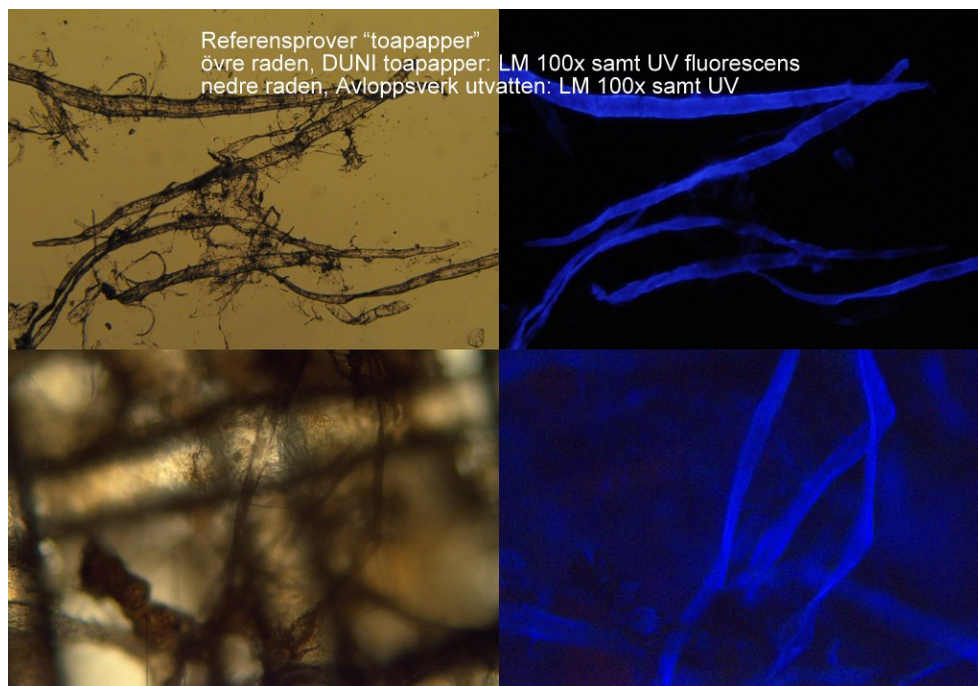
I det följande stycket kring materialstudier är resultat och diskussion sammanbände vilket skiljer sig från diskussionen kring summerande partikelhalter.

FTIR analyser

En praktisk gräns för studier av individuella partiklar verkar gå vid 10-50 μm diameter. Svarta partiklar går inte att analysera i FTIR då det infra röda ljuset effektivt absorberas av svärtan. Vidare saknas referensmaterial för partiklar som har varit utsatta för hav och sol vilket de studerade partiklarna hade varit. Salter, organiska ämnen och fukt på partiklarna ändrar FTIR spektrumet så att det inte liknar kända referensprover. Flera partiklar kunde inte heller analyseras då materialet (syntetiska polymerer) kemiskt hade brutits ned (oxiderats). Detta är en intressant iakttagelse men utanför studiens syfte

Transparenta fibrer

De transparenta fibrer som dominerade provet Älvsborgsbron december 2013 visade sig ha stora likheter med pappersfibrer efter analys i ljus- och fluorescensmikroskopi, se Figur 10. FTIR analysen visade på icke-syntetiska fiber. Då det inte är ovanligt att avloppssystemen inne i Göteborg bräddas efter regnflöde är det inte orimligt att se just toalettpapper som en möjlig källa. Huruvida detta är farligt eller ej återstår att undersöka, men en risk med sådana fibrer är att de är kontaminerade av mediciner, hormoner och andra giftiga ämnen i avloppsvattnet vilka fastnar på partiklarnas ytor. Om partiklarna senare äts upp av havslevande djur bryts cellulosan ned av bakterier i magarna och gifterna kan transporteras över till djurets vävnad. Möjligtvis transporteras gifterna effektivare över till djuren på detta sätt relativt om gifterna satt hårdare bundet till olika syntetiska polymerer.

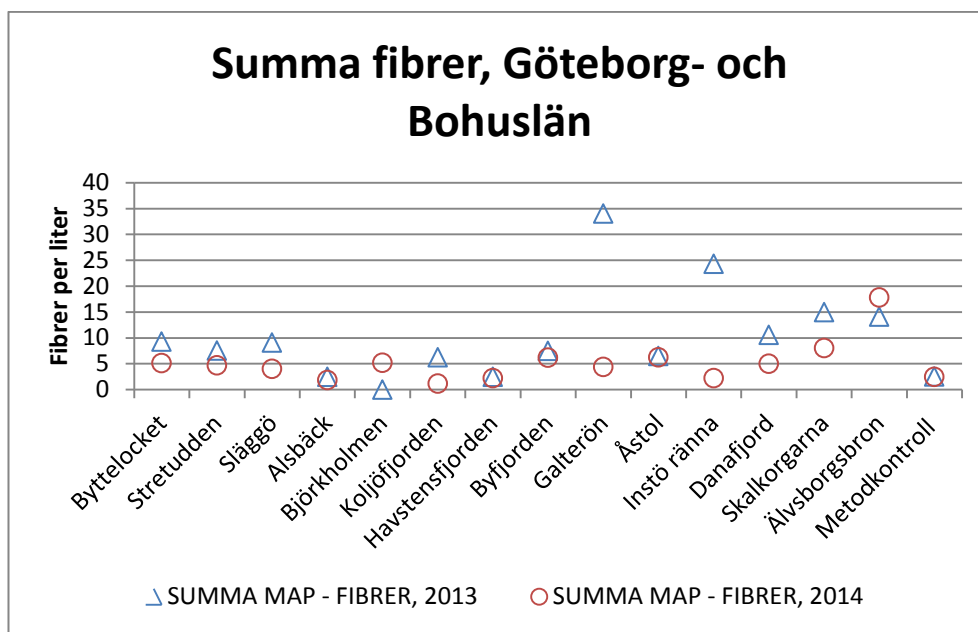


Figur 10 Partiklar från station Älvsborgsbron 2013 visade sig vara snarlika med referensprover från toalettpapper, både i struktur och i storlek samt egenskap-

en att fluorescera blått i ultraviolet (UV) belysning. LM är förkortning av ljusmikroskopi.

Övriga textilfibrer

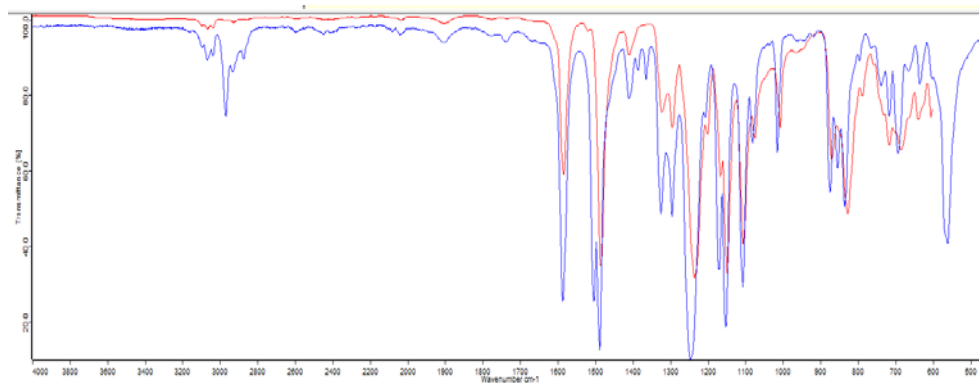
FTIR analyserna kunde visa att färgade textilfibrer med en diameter på ~15-20 μm bestod av den icke-syntetiska (naturliga) polymeren cellulosa samt de syntetiska polymererna polyeten samt PET (polyetylentereftalat). PET kan vara fleece tillverkat från återvunna PET-flaskor. Antalet textilfibrer varierade från 0 till 34/liter då 10 μm filtret användes (Figur 11). Förhållande mellan syntetiska respektive icke-syntetiska fibrer på 10 μm filter var 39% resp. 61% under 2013 samt 44% resp. 56% under 2014. Detta visar på en något lägre andel syntetiska fibrer jämfört med tidigare undersökningar (Norén, Ekendahl, & Johansson, 2009) där textilfibrer har karakteriserats i vattenprover och där andelen syntetiska material i textilfibrerna var 23 %.



Figur 11 Förekomst av textilfibrer i proverna.

Vita och transparenta partiklar

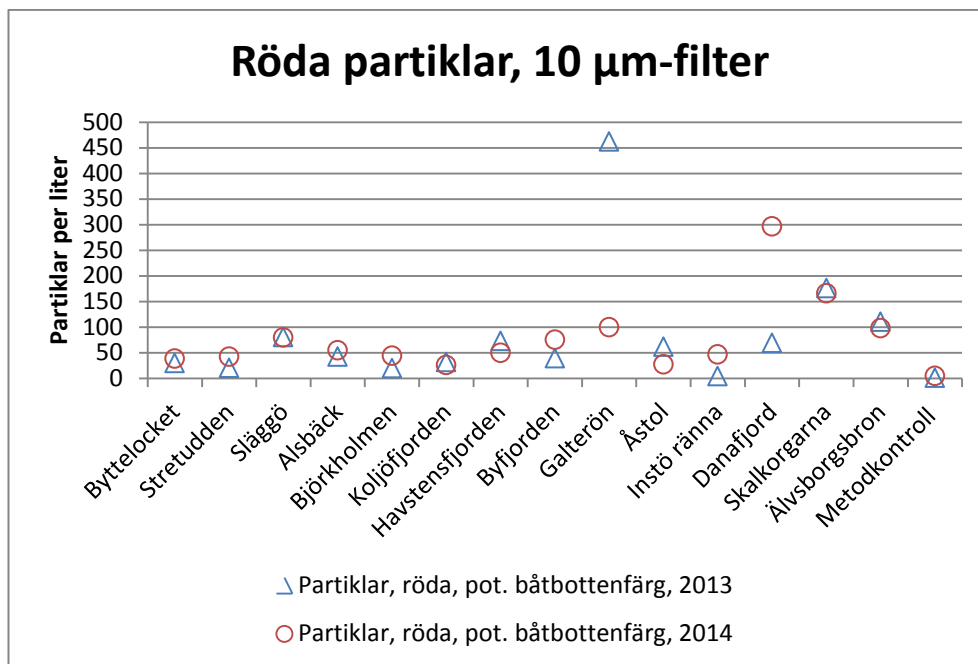
Vita partiklar i storlekar under 0,1 mm är mycket svåra att skilja från naturliga partiklar på filtren, t.ex. torkade skal av växtplankton (främst dinoflagellater). På stationen Galterön, i Stenungsund, noterades vid båda provtagningstillfällena en viss typ av vita partiklar som ändå räknades då de var av avvikande form/färg. Efter FTIR analys kunde partiklarna möjligen härröras till polysulfonplast. Se Figur 12. Då de flesta vita och transparenta partiklar inte räknas i proverna, annat än när de förekommer i stort antal och befins vara antropogena, kan stora mängder mikroskopiskt skräp ha missats i denna undersökning. Problemet är att det finns naturliga partiklar av både organisk och oorganisk (t.ex. mineralkorn) i proverna och att analysmetodiken för dessa måste utvecklas.



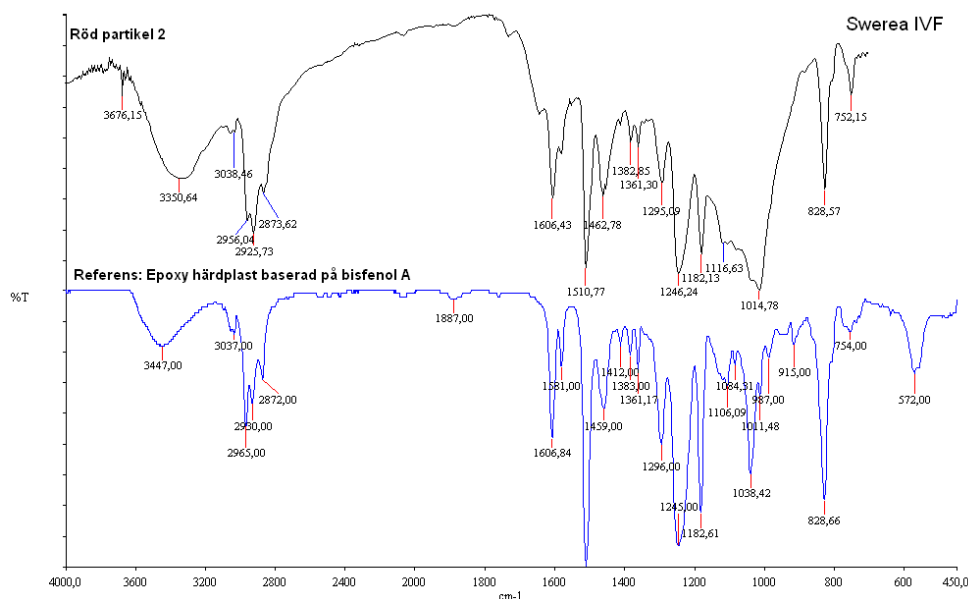
Figur 12 FTIR-analys av vita partiklar från Galterön (norr om Stenungsund) som pekar på att materialet kan vara en polysulfonplast vilken återges med blå färg. Spektrum av partiklarna sammanfaller väl med spektrum för polysulfonplast.

Röda partiklar

Analyserna visade på hög förekomst av en karakteristisk sorts röda partiklar som förekom i relativt höga koncentrationer på 10 µm-filtren, se Figur 13. FTIR analyserna visade att partiklarna troligen bestod av olika plaster såsom vinylacetat (grundkemikalien i plasten polyvinylacetat, PVA). Ett spektrum från en tidigare undersökning i samma område visar på att en liknande röd partikel består av en epoxy polymer, se Figur 14. Epoxy är en mycket vanligt plast som utgör en beståndsdel i båtbottnfärger. Om partiklarna verkligen kommer från båtbottnfärg är det en mycket stor risk att de är skadliga för de marina ekosystemen, då de flesta båtbottnfärger innehåller mycket höga halter av gifter.



Figur 13 Förekomst av röda partiklar, vilka i kemiska analyser har indikerats bestå av syntetiska polymerer och kan vara potentiella partiklar från båtbottnfärg.



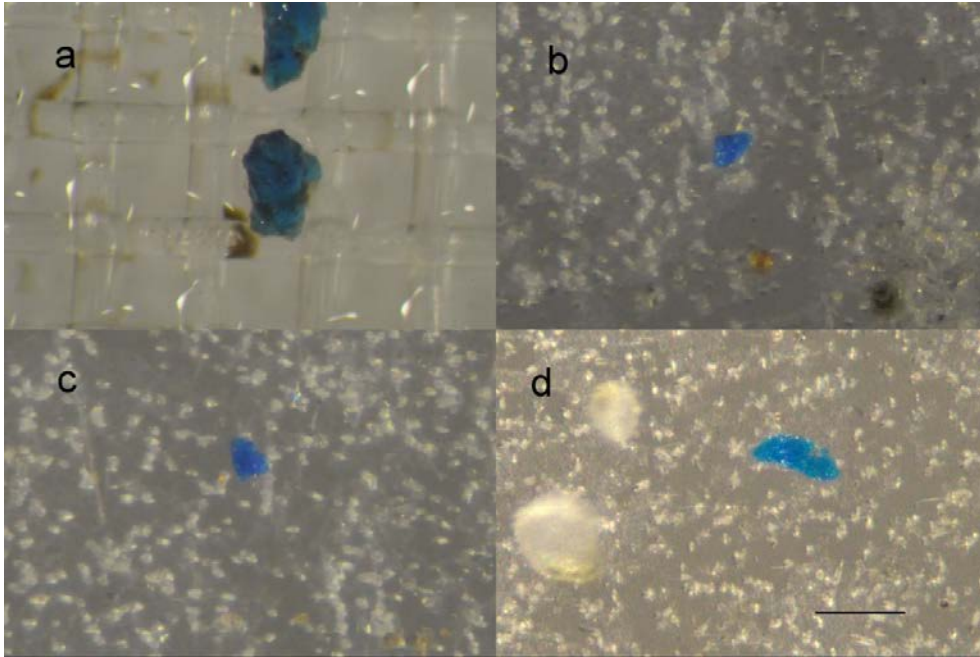
Figur 14 FTIR-analys på röd partikel (~20µm) innehållande epoxy. Från tidigare undersökning år 2009.

Gröna partiklar

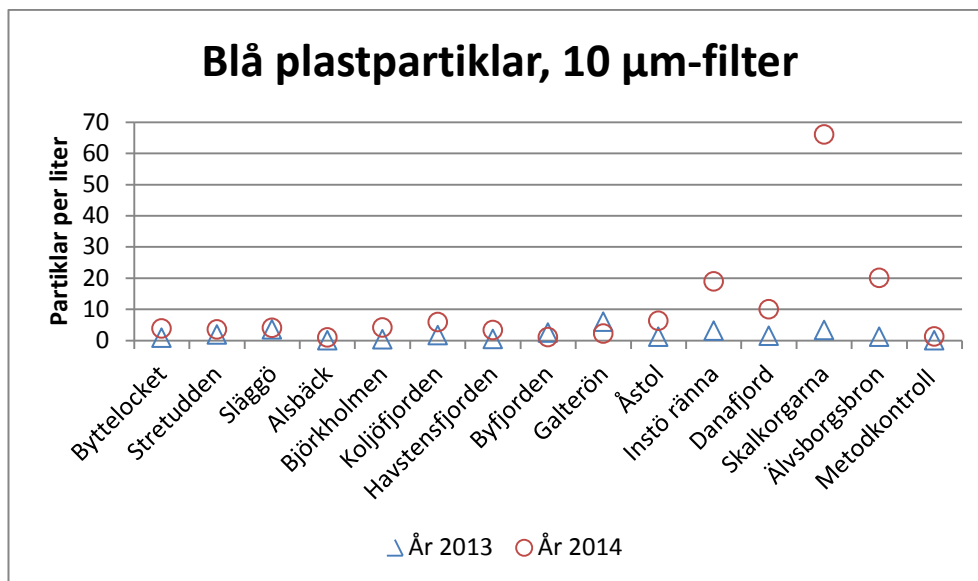
FTIR analysen pekar på att de gröna partiklar som återfanns vid Galteröstationen bestod av plasten polyamid. Partiklarna studerades först i blå och grönt fluorescensljus och ingen närvaro av klorofyll kunde ses. Annars är mindre gröna syntetiska partiklar svåra att skilja från möjliga kloroplaster från växtplankton.

Blå partiklar

De blå partiklarna förekom i 96 % av proverna, se Figur 15 och 16, och har i FTIR analyser samt smältpunktsanalyser befunnits vara plastpartiklar. Samma slags partiklar har även hittats i utloppsvatten från avloppsverk och en partikel av dessa materialbestämde till polypropen (Magnusson personlig kommunikation). Baserat på att partiklarna återfinns i avloppsvatten kan en möjlig källa vara relining av avloppsrör. Relining är en renoveringsmetod som innebär att avloppsrör tätas med en ny plastmassa på insidan istället för att hela röret grävs upp. En tillverkare/utförare av relining i Sverige använder blått plastmaterial i sitt system.



Figur 15 Blå partiklar av syntetiska polymerer i proverna. *a*. Partiklar från avloppsreningsverk, storlek $\sim 300\mu\text{m}$. *b*, *c* och *d*. Blå partiklar med liknande färg och textur från undersökningen 2014, storlek $\sim 30\mu\text{m}$.



Figur 16 Förekomst av blå partiklar vilka i kemiska analyser har indikerats bestå av syntetiska polymerer och kan vara partiklar från renovering av avloppsrör.

Diskussion

Generellt

Halterna av mikrokräp varierade stort beroende på vilket filter som användes för provtagning. Det var 1.000 till 1.000.000 gånger högre halter av antropogena partiklar på 10 µm filtret jämfört med 300 µm filtret.

I alla kategorier av mikrokräp var halterna högre i Göteborgsområdet och lägst i vattenområden såsom Gullmarsfjorden och Koljöfjorden som ligger längst ifrån storstad eller industriområden. Detta tyder på regionala källor till mikroskopiskt skräp i västkustens hav.

Resultaten pekar på att stadsmiljön är en viktig källa till marint mikroskopiskt skräp, både från avlopps- samt från förbränningskällor vilket syns i denna undersökning höga halter av förbränningspartiklar samt möjliga blå plastpartiklar från relining av avloppsrör.

Resultaten pekar även på att sjöfarten kan vara en stor källa till marint mikroskopiskt skräp i form av flagor av giftig båtbottnfärg samt förbränning av bränsle.

1. Mikrokräp på 300 µm filter

Halterna av mikrokräp ligger i jämförbara halter med tidigare samt internationella studier (Barnes, Galgani, Thompson, & Barlaz, 2009; Browne et al., 2011; Cole et al., 2011; Magnusson & Norén, 2011; Norén & Magnusson, 2010; Norén & Naustvoll, 2011), dvs. från 0,01 till 10 partiklar per kubikmeter. En metod som används internationellt är en s.k. mantatrål, vilket är en håv som dras efter provtagningsbåten med 300 µm filteröppningar. Dessa håvar filtrerar mycket större volymer än den pump som används i denna undersökning vilket kan ge en bättre möjlighet att hitta partiklar av flera olika typer – generellt gäller att ju fler partiklar som räknas av varje sort ökar noggrannheten i skattningen. Å andra sidan får man problem med att många partiklar göms under tjocka lager av djur- och växtplankton. För större skräppartiklar, främst plastbitar 0,5-50 mm, är det inte så problematiskt men för partiklar mindre än 0,5 mm är det ett reellt problem. Pumpmetoden har även en fördel i att kunna leverera en metodkontroll vilket inte håvmetoden erbjuder. Då just mindre fibrer, som även är den vanligaste luftkontaminationen, dominerar skräpet är detta mycket viktigt. I dessa undersökningar låg halterna av kontamination på 16 % år 2013 respektive 81 % år 2014 uttryckt som procent i kontrollen jämför med medelvärdet av proverna. Den höga graden av kontamination år 2014 kommer sig främst av de låga halterna mikrokräp i proverna – då ger en enda textilfiber eller partikel i kontrollen ett stort relativt tillskott. Idealet är ingen kontamination alls i proverna men genom att använda metodkontroller kan vi ändå avgöra graden av kontamination genom handhavandet och på så sätt förbättra tekniken kontinuerligt. Att inte använda kontroller hade varit ett sämre alternativ. Kontrollprovtagningen innefattade att sänka ned pumpen under vattnet för att sedan snabbt starta/stoppa densamma. En möjlig förbättring är att vara extra noggrann med att montera på en skyddshuva på filterhållaren mellan provtagningarna för att skydda insidan av filtret mot damm.

Halterna av mikrokräp skiljde sig åt med en faktor 10 mellan december och aprilprovtagningen. Det som kan skilja sig åt mellan tillfällena är att det regnade mer under december perioden och att därför mer partiklar sköljdes ut i havet via dag-

och avloppsvatten. Även väderleken skiljde sig åt mellan provtagningarna och därmed ytvattnets omblandning, I december 2013 blåste det ~7-10 m/s och i april 2014 blåste det ~0-3 m/s. Denna undersökning visar att kraftig vind och vågor ger ökade halter av mikrokräp på ett 300µm filter. Detta var tvärtemot vad som var förväntat.

2. Mikrokräp på 10µm filter

Halterna av mikroskopiska antropogena partiklar varierad stort för de olika kräpkategorierna på 10µm filter. Men mellan de två provtagningstillfällena varierar koncentrationernas medelvärden förvånansvärt lite i jämförelse med 300 µm proverna. I biologiska system, som för t.ex. växtplankton, är så lika medelvärden sällsynta. Givetvis är två tillfällen fortfarande för lite för att kunna generalisera mönster – men resultaten skulle kunna peka på att halterna av mikrokräp som fastnar på ett 10µm filter är relativt konstant under året. Anledningarna till att undersökningens två tillfällen förlades till december samt april var att studera om halterna skiljde sig åt. Om vi endast studerar medelvärdena i denna undersökning finner vi inget stöd för den hypotesen.

Partikelhalterna på 10µm filter är ungefär samma som har hittats i tidigare undersökningar från Svenska västkusten (Magnusson & Norén, 2011; Norén, Johansson, & Ekendahl, 2009; Norén & Magnusson, 2010).

En betydligt högre förekomst vid *Galterön* av främst röda partiklar (534 partiklar per liter) uppmättes på 10 µm filter. Enligt kemiska analyser är sannolikheten stor att partiklarna består av syntetiska polymer och således har ett antropogent ursprung, möjligen kan det vara partiklar av båtbottnfärg. Båtbottnfärger är fyllda med tungmetaller och andra giftiga kemikalier och partiklarna som vittrar från färgen kan antas ha samma toxiska effekt.

Halterna potentiella förbränningspartiklar på 10 µm filter var mycket höga i Göteborgsområdet (stationerna *Älvsborgsbron*, *Skalkorgarna* och *Dana fjord*) med medelantal i Göteborgsområdet var ~3.400 partiklar per liter. Medelhalten för alla stationer var cirka 300 partiklar per liter. Stationen *Björkholmen* i det inre Gullmarren hade lägst halter av förbränningspartiklar, 117 partiklar per liter.

Det finns en koppling mellan svarta förbränningspartiklar och förekomst av PAH:er (oljekolväten) där just svarta partiklar från luftdeposition anges som största källan till PAH:er i havet (D. Broman, Näf, Wik, & Renberg, 1990; Dag Broman, 1990).

Erkännande

Tack till Daniel Bergman- Sjöstrand (SMHI) för en givande diskussion om mikrokräpsprovtagning och Börjessons rederi (R/V Sensor) för bra samarbete vid provtagningen.

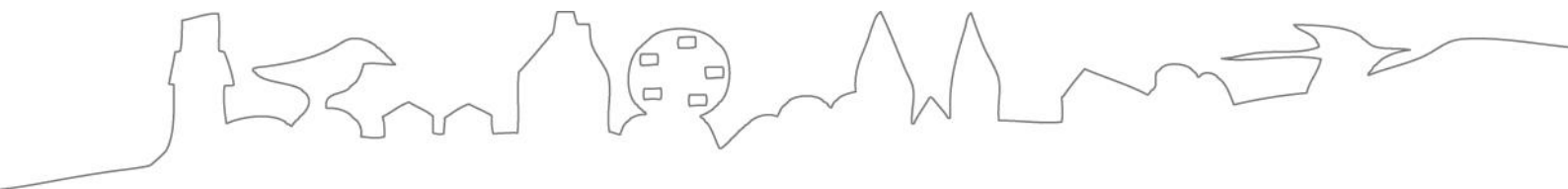
Katja Norén och Kerstin Magnusson, IVL Svenska Miljöinstitutet, har analyserat alla 300µm prover.

Fredrik Norén, dito, har analyserat alla 10µm prover och författat rapporten.

Annika Boss, Swerea IVF, genomförde FTIR analyserna och tolkningarna.

Referenser

- Barnes, D. K. A., Galgani, F., Thompson, R. C., & Barlaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1985–1998. doi:10.1098/rstb.2008.0205
- Broman, D. (1990). *Transport and fate of hydrophobic organic compounds in the Baltic aquatic environment: polycyclic aromatic hydrocarbons, polychlorinated dibenzodioxins and dibenzofurans*. PhD thesis. University of Stockholm, Stockholm.
- Broman, D., Näf, C., Wik, M., & Renberg, I. (1990). The importance of spheroidal carbonaceous particles (SCPs) for the distribution of particulate polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in an estuarine-like urban coastal water area. *Chemosphere*, 21(1), 69–77.
- Browne, M. A., Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., & Thompson, R. (2011). Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks. *Environmental Science & Technology*, 45(21), 9175–9179. doi:10.1021/es201811s
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 62(12), 2588–2597. doi:10.1016/j.marpolbul.2011.09.025
- Flagan, R. C. (1988). *Fundamentals of air pollution engineering*. Englewood Cliffs, N.J: Prentice Hall. Retrieved from <http://authors.library.caltech.edu/25069/>
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., & Thiel, M. (2012). Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification. *Environmental Science & Technology*, 46(6), 3060–3075. doi:10.1021/es2031505
- Magnusson, K., & Norén, F. (2011). *Mikroskopiskt skräp i havet - metodutveckling för miljöövervakning*. Lysekil: N-research. Retrieved from: <http://www.n-research.se/pdf/Magnusson%20och%20Nor%20C3%A9n%202011%20Rapport%20om%20mikroskr%20i%20Svenska%20vatten.pdf>
- Norén, F., Ekendahl, S., & Johansson, U. (2009). *Mikroskopiska plastpartiklar – fler än vad man tidigare trott*. Havsmiljöinstitutet.
- Norén, F., Johansson, U., & Ekendahl, S. (2009). *Mikroskopiska antropogena partiklar i svenska hav* (Projekt rapport). Lysekil: N-research.
- Norén, F., & Magnusson, K. (2010). Osynligt avfallsproblem i havet. *Havsutsikt*, 1/2010.
- Norén, F., & Naustvoll, L.-J. (2011). *Survey of microscopic anthropogenic particles in Skagerrak* (No. TA2779) (p. 20). Klima og Forurensningsdirektoratet. Retrieved from <http://www.klif.no/publikasjoner/2779/ta2779.pdf>



LÄNSSTYRELSEN
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN