

Mikroskräp i inkommande och utgående renat avloppsvatten vid Arvidstorps reningsverk i Trollhättans kommun

Katja Norén, Kerstin Magnusson och Fredrik Norén

Författare: Katja Norén, Kerstin Magnusson, Fredrik Norén, IVL Svenska Miljöinstitutet
Medel från: Trollhättans Energi AB samt Stiftelsen Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning
Rapportnummer: B 2255
Upplaga: Finns endast som PDF-fil för egen utskrift

© IVL Svenska Miljöinstitutet 2016
IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm
Tel: 010-788 65 00 Fax: 010-788 65 90
www.ivl.se

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem

Innehållsförteckning

Sammanfattning	4
Summary	6
1 Syfte med undersökningen	8
2 Bakgrund till undersökningen	8
3 Information om Trollhättans reningsverk Arvidstorp.....	9
4 Provtagning och analysmetodik	10
4.1 Provtagning	10
4.2 Analysmetodik	13
5 Resultat.....	13
5.1 Koncentration mikrokräp i inkommande och utgående avloppsvatten	13
5.2 Koncentration mikrokräp i avloppsvatten före och efter passage genom skivfilter	16
5.3 Reduktionsgrader av mikrokräp vid passage genom verket.....	17
5.4 Koncentration mikrokräp i råslam	18
5.5 Koncentration mikrokräp i skivfilterslam	19
5.6 Koncentration mikrokräp i otvättad sand	20
5.7 Koncentration mikrokräp i dagvatten och dagvattengrus.....	20
6 Diskussion	23
7 Referenser.....	27

Sammanfattning

I studien har förekomsten av mikrokröp i avloppsvattenströmmen genom Arvidstorps reningsverk (dimensionerat för 62 000 person ekvivalenter med belastning 42 500 p.e. år 2014) i Trollhättan studerats på flera platser i verket och även på två platser i avloppsnätet. Provtagning gjordes under en dag och avloppsvattnet filtrerades genom filter med maskvidden 300 samt 20 µm för att fånga upp vattnets innehåll av mikrokröp av olika storlekar. Filter med maskvidden 20 µm fångar således även mikrokröp större än 300 µm om det förekommer i vattnet. De matriser som provtogs var: avloppsvatten från nätet, avloppsvatten inkommande till verket före rensfilter, avloppsvatten före respektive efter skivfilter (10 µm), råslam, skivfilterslam samt otvättad sand. På en punkt på ledningsnätet provtogs även vattnet i en pumpbrunn för dagvatten och också brunnens sediment. På laboratorium studerades filtren med hjälp av stereolupp och mikroskop. Mikrokröpet delades huvudsakligen in i tre typer: 1) icke-syntetiska fibrer d.v.s. exempelvis bomull och lin, 2) syntetiska fibrer (plastfibrer) samt 3) syntetiska partiklar (plastpartiklar). Transparenta icke-syntetiska fibrer ingick ej i analysen då dessa är svåra att skilja från cellulosa-fibrer som förekommer i stor mängd i avloppsvattenproverna. Analys av sediment i dagvattenpumpbrunnen gjorde det nödvändigt att för dessa prover addera skräpkategorierna metall, glas och asfalt. Inkommande vatten innehåller stora mängder mikrokröp men reningsprocesserna inom verket reducerar mängden mikrokröp betydligt. Skivfiltren bidrar till att reducera mängden mikrokröp men den absoluta merparten av reduktionen har redan skett under tidigare reningssteg.

För att minska utflödet av mikrokröp från våra reningsverk och avloppsvattennät är det viktigt att kartlägga och sätta den eventuella volymen bräddat avloppsvatten i relation till den reduktion av mikrokröp som kan uppnås genom att införa ytterligare reningssteg. Eftersom inkommande vatten innehåller stora mängder mikrokröp är det möjligt att den största/snabbaste reningseffekten kan uppnås genom att minska graden av bräddning och rena vattnet med befintliga processer.

De viktigaste resultaten var:

- Inkommande vatten till Arvidstorps reningsverk tar precis som andra reningsverk emot mikroskopiskt skräp med det inkommande avloppsvattnet. Analys av råslam, skivfilterslam och utgående vatten visade att huvuddelen av det inkommande mikrokröpet renas inom verket och fastnar i olika typer av slam.
- Innehållet av mikroplast (syntetiska fibrer och syntetiska partiklar) >300 µm i inkommande vatten var i medeltal $1,5 \cdot 10^4$ per m³ och antalet icke-syntetiska fibrer $6,9 \cdot 10^3$ per m³.
- Innehållet av mikroplast (syntetiska fibrer, syntetiska partiklar och syntetiska flagor) >20 µm i inkommande vatten var i medeltal $6,9 \cdot 10^4$ per m³ och antalet icke-syntetiska fibrer $3,8 \cdot 10^4$ per m³.
- Reningsprocesserna inom verket reducerar mängden mikrokröp betydligt. Mikroplast >300 µm reducerades med mer än 99 % fram till skivfiltret medan icke-syntetiska fibrer reducerades med nästan 99 %. Efter passage genom skivfiltret var reduktionen av mikroplast 99,99 % och reduktionen av icke-syntetiska fibrer 99,98%.
- Också mikrokröp >20 µm (d.v.s. även skräp större än 300 µm) reducerades betydligt tack vare reningsprocesserna. Fram till skivfiltret reducerades mikroplast (syntetiska fibrer, syntetiska partiklar och syntetiska flagor) med över 97 % och icke-syntetiska fibrer med över 99 %. Efter passage över skivfiltret var reduktionen av mikroplast 100 %, d.v.s. fullständig medan ingen ytterligare minskning av icke-syntetiska fibrer kunde uppmätas.
- Under provtagningsdagen var inflödet 372 liter/sekund och baserat på resultat från filtrering med 20 µm-filter så innebar detta att $1,4 \cdot 10^8$ mikrokröp (syntetiska fibrer, syntetiska partiklar, syntetiska flagor samt icke-syntetiska fibrer) inkom till verket per timme. Efter samtliga reningsprocesser lämnade $5,0 \cdot 10^5$ mikrokröp (enbart icke-syntetiska fibrer) reningsverket per timme baserat resultat för filtrering med 20 µm-filter.

- Råslam som uppkommer vid försedimenteringen och sedan går vidare till rötning innehöll i medeltal per kubikmeter råslam (samma som per ton råslam): $1,0 \cdot 10^6$ icke-syntetiska fibrer, $2,4 \cdot 10^6$ syntetiska partiklar och $5,3 \cdot 10^6$ syntetiska fibrer. Per dygn bildas i medeltal 120 m^3 råslam vilket då innehåller $6,3 \cdot 10^6$ syntetiska fibrer, $1,2 \cdot 10^6$ icke-syntetiska fibrer och $2,8 \cdot 10^6$ syntetiska partiklar.
- Skivfilterslam innehöll i medeltal per kubikmeter $2,2 \cdot 10^4$ syntetiska fibrer, $5,3 \cdot 10^3$ icke-syntetiska fibrer och $1,2 \cdot 10^4$ syntetiska partiklar. Per dygn bildas i medeltal 650 m^3 skivfilterslam vilket då innehåller $2,7 \cdot 10^7$ mikrokräp (syntetiska fibrer, icke-syntetiska fibrer och syntetiska partiklar).
- Dagvatten insamlat från en pumpbrunn ute på nätet innehöll också mikrokräp. Antalet mikrokräp $>300 \text{ }\mu\text{m}$ var högst för kategorin icke-syntetiska fibrer med i medeltal $1,6 \cdot 10^2$ stycken per m^3 och 72 stycken per m^3 vad gäller syntetiska fibrer. Vid analys av mikrokräp $>20 \text{ }\mu\text{m}$ uppmättes i medeltal per m^3 $1,8 \cdot 10^4$ icke-syntetiska partiklar, $7,0 \cdot 10^3$ syntetiska fibrer och $5,0 \cdot 10^2$ syntetiska flagor.
- Bottensedimentet i dagvattenpumpbrunnen innehöll asfaltsliknande partiklar samt helt sfäriska glas- och metallkuler. I medeltal innehöll pumpbrunnens två kammare $1,1 \cdot 10^3$ asfaltsliknande partiklar och $2,2 \cdot 10^2$ helt sfäriska partiklar per 1 000 g torrt sediment.

Summary

Within this study the occurrence of microlitter at several locations within the waste water treatment plant Arvidstorp (designed for 62 000 population equivalents but with a loading of 42 500 PE in 2014) has been analysed. Sampling was conducted during one day and waste water was filtrated through filters with mesh sizes of 300 and 20 µm in order to sample micro litter. Matrices and locations that were sampled were: waste water at two locations on the sewerage system (that is outside the waste water treatment plant), inflowing waste water to the plant, waste water before and after the disc filter (10 µm mesh size), raw sludge, disc filter sludge and sand from a sand trap. At one location on the sewerage system storm water and storm water sediment within a pump stations was also sampled. The filters were analysed in the laboratory with the help of microscope and stereo microscope. Microlitter was generally categorised into three groups: 1) non-synthetic fibres (for example cotton and linen), 2) synthetic fibres (plastic fibres) and 3) synthetic particles (plastic particles). Transparent non-synthetic fibres were not included within the analysis as these are difficult to separate from cellulose fibres which occur in large numbers within the waste water samples. Analysis of the sediment within the storm water pump station made it necessary, for these samples, to add the following litter categories: metal spheres, glass spheres and asphalt particle. Incoming waste water contains large amounts of microlitter but the treatment processes at the plant reduces these amounts substantially. The disc filters contribute to the reduction of microlitter but the largest part of the reduction has been performed during earlier treatment steps.

In order to reduce the outflow of microlitter from treatment plants and sewerage systems to our recipients it is important to map and set the eventual volume of overflow in relation to the reduction that can be achieved by installing an additional treatment step in the treatment plant. As inflowing waste water contains large amounts of microlitter it is possible that the largest effect will be achieved through the reduction of overflow and by treating these volumes with existing processes.

The most important results were:

- The waste water treatment plant of Arvidstorp receives (just like other plants) microlitter with the incoming waste water. Analysis of raw sludge, disc filter sludge and outflowing water showed that the majority of the incoming microlitter is reduced within the plant and is retained within different types of sludge.
- The amount of microlitter >300 µm within the incoming waste water was on average $1.5 \cdot 10^4$ per m^3 for microplastics (synthetic fibres and synthetic particles) and for non-synthetic fibres $6.9 \cdot 10^3$ per m^3 .
- The amount of microlitter >20 µm within incoming waste water was on average $6.9 \cdot 10^4$ per m^3 for microplastics (synthetic fibres, synthetic particles and synthetic flakes) and $3.8 \cdot 10^4$ per m^3 for non-synthetic fibres.
- The treatment processes within the plant reduced the amount of microlitter substantially. Microplastics >300 µm was reduced by more than 99% before the disc filter (the final treatment step) while non-synthetic fibres were reduced by almost 99%. After passage through the disc filter and thus full treatment microplastics in the waste water were reduced by 99.99% and non-synthetic fibres with 99.98%.
- Microlitter >20 µm was also reduced substantially due to the treatment processes within the plant. Before the final treatment step (the disc filter) microplastics were reduced by more than 97% and non-synthetic fibres with more than 99%. After passage through the disc filter the reduction of microplastics was 100% but no additional reduction of non-synthetic fibres could be measured.

- During the day of sampling waste water flow was 372 litres/second. Based on the results from filtration with 20 µm-filter, $1.4 \cdot 10^8$ microlitter particles (synthetic fibres, synthetic particles, synthetic flakes and non-synthetic fibres) entered the treatment plant per hour. After passing all treatment processes, $5.0 \cdot 10^5$ litter particles (only non-synthetic fibres) per hour left the plant with the outflowing water based on the results from filtration with 20 µm-filter.
- Raw sludge (that is formed at the pre-sedimentation stage and sent to the digestion) contained on average per cubic meter $1.0 \cdot 10^6$ non-synthetic fibres, $2.4 \cdot 10^6$ synthetic particles and $5.3 \cdot 10^6$ synthetic fibres, (microlitter >300 µm).
- Disc filter sludge contained on average per cubic metre: $2.2 \cdot 10^4$ synthetic fibres, $5.3 \cdot 10^3$ non-synthetic fibres and $1.2 \cdot 10^4$ synthetic particles. (Microlitter >300 µm). Every 24 hours on average 650 m³ of disc filter sludge is formed at Arvidstorp which on the day of sampling would contain $2.7 \cdot 10^7$ microlitter (synthetic fibres, non-synthetic fibres and synthetic particles).
- Stormwater collected from a pumping station on the sewage system outside the plant also contained microlitter. The number of microlitter >300 µm was highest for the category non-synthetic fibres with on average $1.6 \cdot 10^2$ per m³ and 72 per m³ regarding synthetic fibres. Microlitter >20 µm consisted of on average per m³: $1.8 \cdot 10^3$ non-synthetic particles, $7.0 \cdot 10^3$ synthetic fibres and $5.0 \cdot 10^2$ synthetic flakes.
- The sediment within the storm water pumping station contained particles with an asphalt like appearance and fully spherical particles of glass and metal. On average the sediment within the two chambers of the pumping station contained $1.1 \cdot 10^3$ particles with an asphalt like appearance and $2.2 \cdot 10^2$ fully spherical particles per 1 000 g dry sediment.

1 Syfte med undersökningen

Huvudsyftet med undersökningen har varit att få en första bild av förekomsten av mikrokräp i avloppsvatten på ett flertal provpunkter i anslutning till Arvidstorps reningsverk i Trollhättan. Eftersom föreliggande studie är den första som behandlar förekomst av mikrokräp i reningsverket har tonvikten lagts på att provta många punkter snarare än att ta många prover på en och samma provpunkt vid flera tillfällen. På detta sätt ges en ögonblicksbild av skräpförekomst på flera platser snarare än hur skräpförekomsten i en punkt varierar över tiden. Eftersom verket nyligen investerat i sex skivfilter med maskdiametern 10 µm var reduktionsgraden av skräp p.g.a. filtret en självklar del i studien.

De punkter som provtagits är:

- Dagvatten i en dagvattenbrunn
- Sediment från en dagvattenbrunn
- Hushållspillvatten från en plats på ledningsnätet
- Blandat invatten före rens-galler, d.v.s. avloppsvatten som kommer in i verket
- Otvättad sand, d.v.s. tvättvatten från sand som fångas upp i sandfånget
- Råslam innan det leds till rötverket
- Avloppsvatten före skivfiltret
- Avloppsvatten efter skivfiltret
- Skivfilterslam

2 Bakgrund till undersökningen

Förekomsten av skräp ute i naturen och framförallt i våra hav har den senaste tiden rönt stor uppmärksamhet. Alla som besökt västsvenska stränder vet att inlandflutet skräp är mycket vanligt förekommande och vi ser också skräp på våra gator och torg. Internationellt ses marint skräp som ett så stort problem att det inom EU:s marina direktiv ingår som en av 11 deskriptorer för vad som beskriver god miljöstatus. Andra internationella organisationer arbetar också gemensamt för att sammanställa handlingsplaner för vad som behöver göras för att komma till rätta med problemet. Exempel på sådana internationella organisationer som Sverige ingår i är OSPAR, HELCOM och FN:s miljöprogram.

Ett ständigt ökande antal studier visar att mikroskopiskt skräp, som är mindre än 5 mm och såldes svårt att se, förekommer både i vattnet, på stränder och i bottensediment (Browne m.fl. 2011, Claessens m.fl. 2011, Norén m.fl. 2014, Norén 2014). Det är väl känt att vissa havsfåglar äter upp skräp men fler och fler studier upptäcker skräp också i andra djur (Cole m.fl. 2013, do Sul och Costa 2014). Det stora skräp vi ser på våra stränder består av flera olika material som olika typer av plast men även trä, kartong och metall. Skräpet når havet både från verksamheter som pågår ute till havs men också genom att skräp som uppstår på land transporteras med hjälp av avrinning och vind ut i havet. Också mikrokräp kan bestå av flera olika material och når havet både genom verksamheter som sker till havs och på land. Det finns många landbaserade källor till mikrokräp och avloppsvattenreningsverk (ARV) har visat sig vara en av dessa källor. Studier av mikrokräp som har genomförts i tre norska avloppsvattenreningsverk visar att det förekommer mikrokräp både i ingående och utgående renat avloppsvatten (Magnusson 2014). Studier av svenska avloppsvattenreningsverk bekräftar på samma sätt att det förekommer mikrokräp i det ingående

vattnet och att en varierande andel av detta också finns i utgående vatten (Magnusson och Wahlberg 2014b).

Antalet studier är dock inte många och varje avloppsreningsverk är individuellt, framförallt vad gäller innehållet i det inkommande avloppsvattnet. Det är därför nödvändigt att genomföra fler studier för att få en bättre förståelse för flödena av mikrokräp till våra reningsverk. En bättre förståelse får vilken typ av skräp som når reningsverket är grundläggande för att kunna förbättra uppströmsarbetet och därmed minska flödet av skräp in till reningsverket. Kunskap om hur skräpet fördelar sig inom olika strömmar inom verket och hur olika typer av reningssteg fungerar är nödvändig för att minska strömmen av mikrokräp ut från reningsverken. För att förbättra förståelsen av tillflödet av skräp till reningsverken är det också viktigt att undersöka hur mängden skräp varierar i tid vilket dock inte har gjorts i den här studien.

Arvidstorps avloppsreningsverk arbetar kontinuerligt för att förbättra sin kunskap om avloppsvattnets innehåll. Eftersom det inte tidigare genomförts studier av förekomsten av mikrokräp inom verket har behovet av en sådan studie kommit upp på agendan. Syftet har därför varit att presentera en första bild av förekomsten av mikrokräp i avloppsvatten på dess färd till och genom avloppsreningsverket. Som ett led i verkets förbättringsarbete installerades 2014 skivfilter med maskvidden 10 µm. Målet med det nya reningssteget har varit att minska utsläppen av fosfor. Eftersom reningssteget utgörs av ett filter bör det dock även reducera förekomsten av mikrokräp. Inom studien ingår därför att också studera det installerade skivfiltret reduktionsgrad av mikrokräp vid ett provtagningstillfälle.

3 Information om Trollhättans reningsverk Arvidstorp

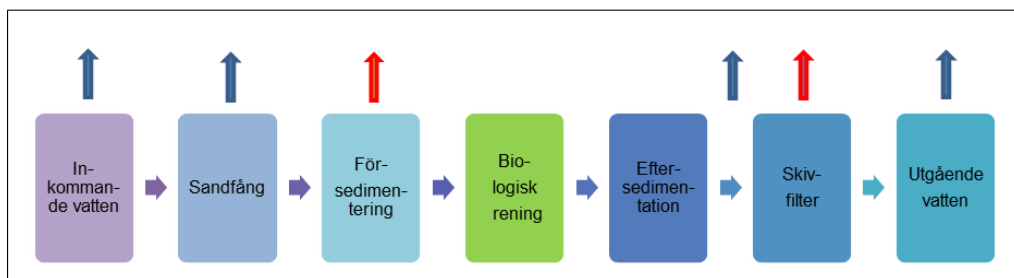
Reningsverket Arvidstorp ligger i Trollhättans kommun i Västra Götalands län. Verket är dimensionerat för 62 000 pe och både hushåll, industrier och dagvatten är påkopplat tillverket. Större industrier har vanligen egen rening men mindre industrier som har vissa egna reningssteg får koppla på sig till reningsverket. Enligt miljörapporten för 2014 är 70 % av det vatten som kommer in till verket ovidkommande och såldes inte avloppsvatten (Wallebäck 2015). Detta vatten består av dränvatten, läckage och dagvatten.

På verket finns mekanisk, biologisk och kemisk rening. Reningsprocessen börjar med rens-galler (spaltvidd 3 mm) och fortsätter med: luftat sandfång, försedimentation (2 600 m³), biologisk rening, eftersedimentation, och slutligen sex skivfilter. Vid flera punkter tillsätts också fällningskemikalier. Järnklorid tillsätts före galler och en katjonisk och en anjonisk polymer tillsätts i de luftade sandfångsbassängerna. Efterfällning sker med hjälp av polyaluminiumklorid och en anjonisk polymer som tillsätts innan slutsteget. Skivfiltret installerades år 2014 med anledning av hårdare krav på att minska utsläppet av fosfor. Verket valde då att installera ett skivfilter med maskvidden 10 µm för att minska utsläppet av partikelbundet fosfor och nå kravet för fosfor som är maximalt 0,3 mg/l. Dessa filter installerades ungefär ett halvår innan provtagningen som redovisas i den här rapporten genomfördes.

4 Provtagning och analysmetodik

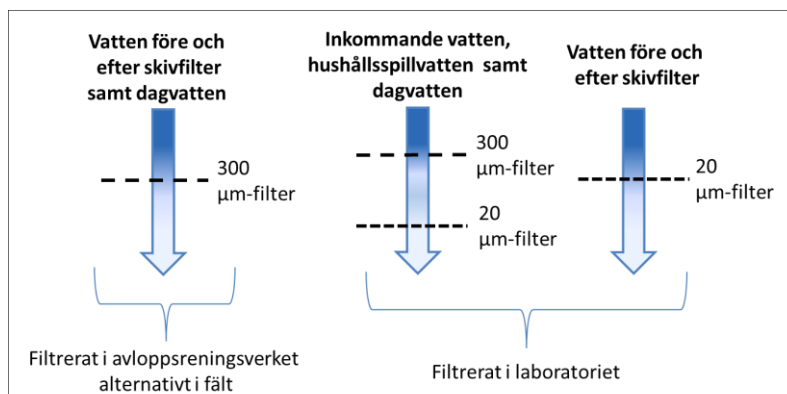
4.1 Provtagning

Provtagningen har genomförts under en och samma dag 2014-10-15 och provtagningen av de olika vattentyperna har därför skett vid olika tidpunkter. Detta innebär att det inte är samma vattenpaket som följs igenom verket vilket kan ha en betydelse för tolkning av reduktionsgraden av skräp, speciellt mellan ingående och utgående vatten. Vad gäller förändringen över skivfiltret så är dock dessa provtagningar relativt nära varandra i tid varför reduktionsgraden bör vara tämligen rättvisande. Under det aktuella dygnet inkom 32 171 m³ avloppsvatten. Provtalster inom verket visas i Figur 1 och illustreras av mörkblåa och röda pilar.



Figur 1. Provtagningsplatser inom verket markerade med pilar där blå pilar visar uttag av vattenprov och röda pilar visar uttag av slamprov.

Vid provtagningen har två olika metodiker använts. Dels har vatten pumpats över 300 µm-filter direkt vid provtagningslokalen men på flera lokaler har också avloppsvatten/slam/sediment samlats in för senare behandling i laboratoriet. I laboratoriet har vatten med mycket organiskt material i först filtrerats genom ett 300 µm-filter och därefter har det filtrerade vattnet också filtrerats genom ett 20 µm-filter (d.v.s. dubbelfiltrerats), se Figur 2. Detta innebär att då resultat för 20 µm-filter presenteras så omfattar det mikrokräp större än 20 µm och då resultat för 300 µm-filter presenteras så omfattar det mikrokräp större än 300 µm. Vatten före och efter skivfilter har filtrerats dels genom 300 µm-filter på reningsverket och dels direkt genom 20 µm-filter i laboratoriet. Vilken provtagningsmetodik och eventuell filtrering som har genomförts på de olika positionerna i verket anges i Figur 2 och **Tabell 1**.



Figur 2. Filtreringssteg för olika typer av avloppsvatten. Inkommande vatten, hushållspillvatten och dagvatten filtrerades först genom 300 µm-filter och därefter genom µm-filter. Vatten före och efter skivfilter filtrerades separat dels genom 300 µm-filter och dels genom 20 µm-filter. Dagvatten filtrerades också separat genom 300 µm-filter.

Tabell 1. Beskrivning av provtagningsmetodik och lokalisering av provpunkter på reningsverket samt om dubbelfiltrering genomförts på laboratoriet. Provtagning genomfördes på reningsverket 2014-10-15.

Provpunkt	Provtagningsmetodik	Provtagnings-lokal	Prov-tagnings-tidpunkt	Filtrering av vatten i laboratoriet
Dagvatten	Filtrering på plats (300 µm) samt uppsamling för senare filtrering i laboratoriet.	WGS84 58°17'39.8"N 12°21'16.8"E	kl. 10-12	Först filtrering genom 300 µm-filter och därefter genom 20 µm-filter (d.v.s. dubbelfiltrering)
Dagvattengrus	Uppsamling för senare analys i laboratoriet	WGS84 58°17'39.8"N 12°21'16.8"E	kl. 10-12	Ingen filtrering genomfördes
Hushållsspillvatten	Uppsamling för senare filtrering i laboratoriet	På ledningsnätet	Kl. 12-13	Först filtrering genom 300 µm filter och därefter genom 20 µm-filter (d.v.s. dubbelfiltrering).
Blandat invatten	Uppsamling för senare filtrering i laboratoriet	Inne i verket där vattnet kommer in	kl. 16-17	Först filtrering genom 300 µm filter och därefter genom 20 µm- filter (d.v.s. dubbelfiltrering).
Otvättad sand	Uppsamling för senare analys i laboratoriet	I verket	kl. 14	Ingen filtrering genomfördes
Råslam	Uppsamling för senare analys i laboratoriet	I verket	kl. 14	Ingen filtrering genomfördes
Skivfilterslam	Uppsamling för senare analys i laboratoriet	I verket	kl 14	Ingen filtrering genomfördes
Före skivfilter	Filtrering på plats (300 µm) samt uppsamling för senare filtrering i laboratoriet.	I verket	kl. 14-15	Filtrering genom 20 µm-filter.
Efter skivfilter	Filtrering på plats (300 µm) samt uppsamling för senare filtrering i laboratoriet.	I verket	kl. 13-14	Filtrering genom 20 µm-filter.

Vid filtrering på plats, (se Figur 2 och tabell 1) har en filterhållare med fastsatt filter (300 µm) sänkts ner i avloppsvattenbassängen/dagvattenbrunnen varefter vattnet pumpats över filtret och vattenvolymen antecknats. Varje filter är tidigare rengjort och förvarades fram till provtagningen i en egen petriskål då det plockades ut och sattes på plats med pincett. Efter provtagningen avlägsnades filtret med pincett och placerades återigen i petriskålen där det förvarades fram till analys. Den här metoden fungerar bra för vatten som redan genomgått viss rening. Men, exempelvis inkommande avloppsvatten innehåller så mycket material att det enbart går att pumpa igenom mycket små volymer vatten innan filtret sätter igen. Provvatten med sådana egenskaper är därför bättre att samla in och dubbelfiltrera på laboratoriet, se tabell 1. Då uppsamling för senare filtrering på laboratorium har varit nödvändig har således vatten/slam/sediment samlats in i rena dunkar och burkar på plats i verket för vidare behandling vid ett senare tillfälle.

Innan varje filtrering påbörjades skakades burkar med provvatten kraftigt för att fördela allt mikrokröp så väl som möjligt i provvattnet. Filtringen på laboratorium genomfördes genom att avloppsvatten med känd volym hälldes ned i en filterhållare kopplad till en vacuumsug. Filtringen genomfördes i avstängt dragskåp för att minimera kontaminationen. Varje filter förvarades också i petriskål fram till filtringen

och placerades därefter återigen tillbaka i petriskålen för förvaring fram till analys. De filtrerade volymerna för respektive vattentyp anges i Tabell 2.

Tabell 2. Provolymen filtrerat igenom filter med maskvidd 20 samt 300 µm. Dubbelfiltrering innebär att vattnet först filtrerats genom 300 µm-filter och att det filtrerade vattnet därefter filtrerades igenom ett 20 µm-filter, se Figur 2.

Provpunkt	Filtrerad vattenvolym över 300 µm filter (liter)	Filtrerad vattenvolym över 20 µm filter (liter)	Antal behållare medtagna till laboratoriet
Dagvatten	60-110	0,96 (dubbelfiltrerat)	
Hushållsspillvatten	1,4–2,3	0,5 (dubbelfiltrering)	Två dunkar (A och B) medtogs till laboratoriet. Från varje dunk analyserades ett prov.
Invatten	0,7-1,5	0,3-0,5 (dubbelfiltrering)	Två dunkar (A och B) medtogs till laboratoriet. Från varje dunk analyserades två prover.
Otvättad sand	0,1-0,21*		1 flaska (1 liter) ur vilken två delprover analyserades.
Före skivfilter	284-510	1,4–2,45 (ej dubbelfiltrerat)	1 dunk (20 liter) ur vilken tre prover analyserats.
Efter skivfilter/utgående	1 762-1 872	5,4 (ej dubbelfiltrerat)	1 dunk (20 liter) ur vilken två prover analyserats.
Skivfilterslam	0,28–0,3 liter		1 flaska (1 liter) ur vilken två prover analyserats.
Råslam			1 burk (1 liter) ur vilken sju prover analyserats.

* Vid provtillfället hade all sand nyligen överförts till sandtvätten så provet utgjordes enbart av lite sand på botten och i övrigt av vatten med en brun hinna på ytan.

I studien ingick två olika fasta och halvflytande provmaterial (dagvattengrus och råslam) som inte gick att filtrera och därför förbereddes på annat sätt. Från dessa prover placerades en känd massa på ett filter med maskvidden 300 µm utan tillförsel av vatten och utan utnyttjande av pump. Fram till placering av materialet låg de rengjorda filtren var och en i egna petriskålar. Då materialet skulle placeras lades först filtret med hjälp av pincett på en metallform i en våg med skyddande tak och väggar och tarerades. Därefter placerades materialet på filtret och massan antecknades. Därefter flyttades filtret med provmaterialet tillbaka till petriskålen för senare analys. Den ungefärliga massan för varje provtyp anges i Tabell 3.

Tabell 3. Ungefärliga provvikter för analyserat dagvattensediment och råslam. Medeltorrsvikt och densitet baseras på fyra replikat för dagvattensediment och sju replikat för råslam.

Provpunkt	Analyserad våtvikt (gram)	Medeltorrsvikt (%)	Densitet våtvikt (g/ml)
Dagvatten-sediment 1:a kammaren	12-13	79	Ej analyserad
Dagvatten-sediment 2:a kammaren	10-11	82	Ej analyserad

Råslam	0,6-1,7	3,5	0,91
--------	---------	-----	------

4.2 Analysmetodik

Analys av mikrokröp som fångats upp på filtren genomfördes med hjälp av stereolupp (50 gångers förstoring) och mikroskop (100–400 gångers förstoring). I analysen identifierades enbart antropogent skräp och då utifrån följande skräpkategorier: syntetiska fibrer, icke-syntetiska fibrer, syntetiska partiklar, syntetiska flagor, glaskulor, metallkulor och asfaltliknande partiklar. Kategorin mikroplast som presenteras i resultatdelen är en summering av syntetiska fibrer och syntetiska partiklar för 300 µm-filter och för 20 µm-filter tillkommer kategorin syntetiska flagor. Med icke-syntetiska fibrer menas fibrer av exempelvis bomull, ull och lin som har bearbetats av människan, dessa benämns hädanefter icke-syntetiska fibrer. Med syntetiska partiklar menas alla former av syntetiska partiklar utom de som är fiberformade eller formade som flagor. I den här undersökningen har inte transparenta icke-syntetiska fibrer inkluderats p.g.a. tidsåtgången som krävs för att skilja dessa från naturligt förekommande icke-syntetiska fibrer. I avloppsvatten förekommer exempelvis stora mängder cellulosa-fibrer från toalettpapper. Identifiering och kategorisering har skett baserat på färg, form och smälttest samt mikroskop med polarisationsfilter.

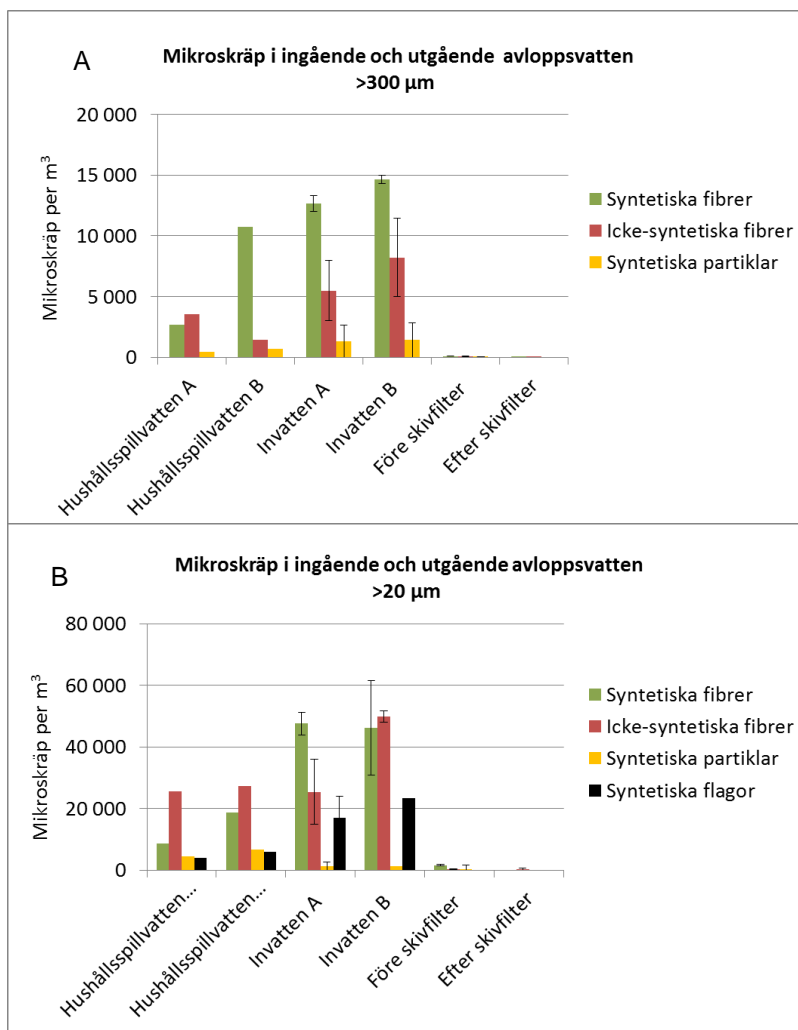
Vid analys har laboratorierock använts för att minimera kontamination. Initial analys av skräp har gjorts med locket på petriskålen för att minska risken för kontamination.

5 Resultat

Resultaten beskriver dels vattnets koncentration av mikrokröp om filtrering har utförts med 300 µm-filter (vilket innebär att mikrokröp >300 µm fångas upp) och dels vattnets koncentration av mikrokröp om ett filter med 20 µm används. För vatten med mycket organiskt material har filtrering först skett med 300 µm-filter och därefter 20 µm-filter vilket sammanlagt ger information om koncentrationen mikrokröp >20 µm.

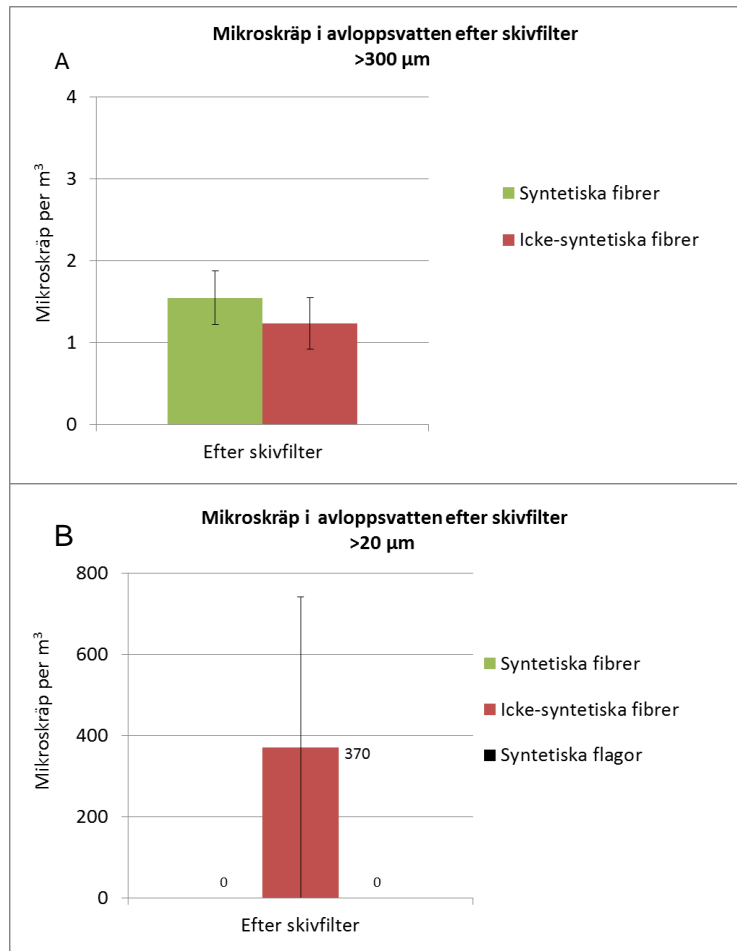
5.1 Koncentration mikrokröp i inkommande och utgående avloppsvatten

Koncentrationen av mikrokröp som fångas upp på filter med maskvidden 300 µm och 20+300 µm minskar betydligt under vattnets passage genom reningsverket, se Figur 3. Vid analys av inkommande avloppsvatten intill verket med filter med maskvidden 300 µm är syntetiska fibrer det mikrokröp som förekommer i högst koncentration (antal/m³) i invatten samt i ett av hushållspillvattenproverna. När antalet skräp större än 20 µm räknas finns ingen tydlig trend att någon av fibertyperna alltid förekommer i störst antal men det förekommer fler fibrer än partiklar, se Figur 3B. Det är dock tydligt att antalet mikrokröp för alla skräpkategorier ökar kraftigt när vattnet filtreras igenom ett filter med mindre maskvidd (20 µm). Resultatet för hushållspillvatten A respektive B baseras på ett prov från respektive provtagningsdunk (A och B). Resultaten för invatten A respektive invatten B baseras på två prover från respektive provtagningsdunk. På 20 µm filtren förekommer små färgglada syntetiska flagor i storleken 40-80 µm, se figur 1B.



Figur 3 A och B. Koncentration av mikrokräp per m³ avloppsvatten vid fyra provtagningspunkter i avloppssystemet. Före och efter skivfilter redovisas även i figur 4. I figur A redovisas antalet mikrokräp uppfångade på 300 µm filter. I figur B redovisas mikrokräp uppfångade på 20 samt 300 µm filter. I figur B har alla prover först filterats genom ett 300 µm filter och därefter igenom ett 20 µm filter utom prov "före och efter skivfilter" där filtrering enbart skett genom 20 µm filter. Staplarna anger medelvärde ±1SE (standardfel) (n=2; utom för före/efter skivfilter där n=3). Från Hushållspillvatten A respektive B har enbart ett prov analyserats, därav frånvaron av staplar för standardfel. Resultat från före och efter skivfilter presenteras också i Figur 4 och Figur 5.

Koncentrationen mikrokräp i utgående vatten (d.v.s. vatten som passerat förbi skivfiltret) som fastnar på filter med maskvidden 20 respektive 300 µm var mycket lågt. Då vatten med relativt stor volym (1 762–1 872 liter) pumpades igenom filter med maskvidden 300 µm fastnade i medeltal 1,5 syntetiska fibrer per kubikmeter och 1,2 icke-syntetiska fibrer per kubikmeter, se Figur 4A. Då vatten med mindre volym (5,4 liter) filterades igenom filter med maskvidden 20 µm fastnade i det ena provet inget mikrokräp och i det andra provet fyra stycken icke-syntetiska fibrer vilket förklarar standardfelets storlek, se Figur 4B.

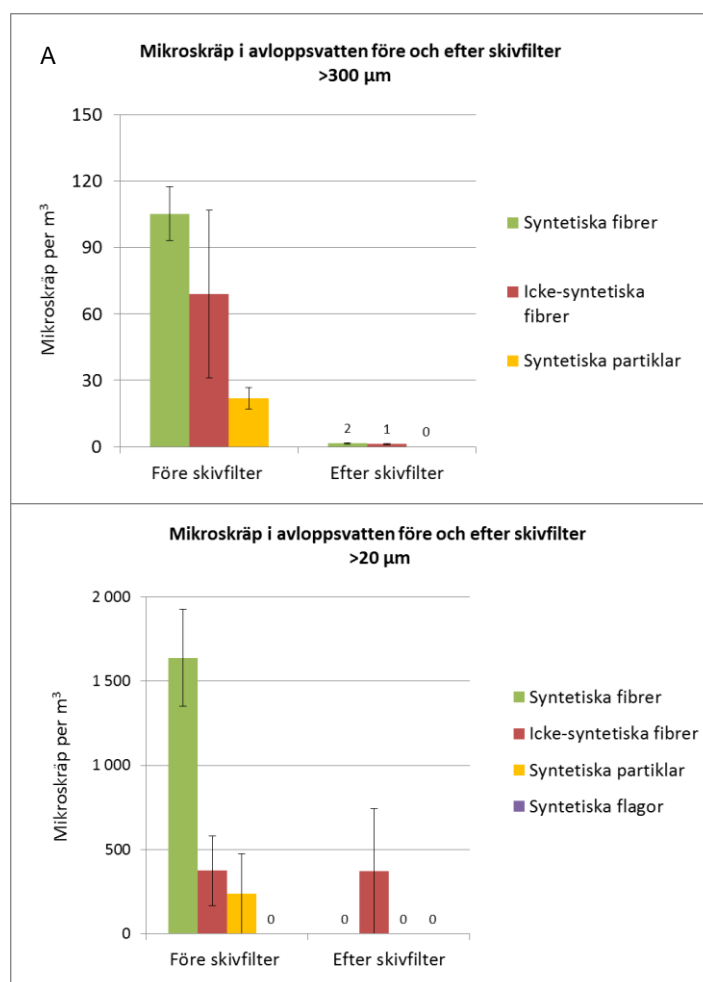


Figur 4. Koncentration av mikrokräp per m³ avloppsvatten som passerat skivfiltret d.v.s. utgående vatten. Figur A) Partiklar uppsamlade på filter med maskvidden 300 µm och filtrering på reningsverket (ca 1 700 liter), felstaplarna anges som ±1SE (standardfel) och baseras på tre, efter varandra följande filtreringar av vatten. Figur B) Partiklar uppsamlade på filter med maskvidden 20 µm och filtrering på laboratoriet (5,4 liter). Staplarna anger medelvärde ±SE (n=2).

Under provtagningsdygnet inkom 32 171 m³ vatten till verket med ett medelflöde på 372 l/sekund. Baserat på ett medelflöde inkommande/utgående avloppsvatten på 372 liter/sekund och 370 icke-syntetiska fibrer per m³ (uppfångade på 20 µm filter) i vattnet efter skivfiltret så når $5,0 \cdot 10^5$ stycken icke-syntetiska fibrer recipienten per timme. Detta kan jämföras med $1,1 \cdot 10^5$ mikrokräp (icke-syntetiska fibrer + syntetiska fibrer + syntetiska partiklar + syntetiska flagor) per m³ i inkommande vatten (uppfångade på 20 µm filter) vilket summerar till att $1,4 \cdot 10^8$ mikrokräp transporteras in till reningsverket per timme. Provtagning av vatten efter skivfiltret med 300 µm-filter visade att det trots allt förekom syntetiska fibrer i utgående vatten men med en så låg koncentration att de inte upptäcktes med 20 µm-filter analysen. Baserat på att 300 µm-filtret i medeltal fångade 1,5 syntetiska fibrer per m³ i utgående vatten så skulle $1,6 \cdot 10^3$ syntetiska fibrer nå recipienten per timme.

5.2 Koncentration mikrokräp i avloppsvatten före och efter passage genom skivfilter

Då vattnet når skivfiltret har redan en reduktion av mikrokräp skett, se Figur 3. Avloppsvattnets passage över det sista reningssteget (skivfiltret) medför dock att koncentrationen mikrokräp i avloppsvattnet reduceras ytterligare. Syntetiska fibrer > 300 µm reduceras från 105 till 1,5 per kubikmeter och icke-syntetiska fibrer reduceras från i medelta 69 till 1,2 per kubikmeter, se Figur 5. Syntetiska partiklar reducerades från 22 till noll per kubikmeter. Vid filtrering med 20 µm-filter reducerades syntetiska fibrer och syntetiska partiklar fullständigt medan icke-syntetiska fibrer inte påverkades alls, se Figur 5B.



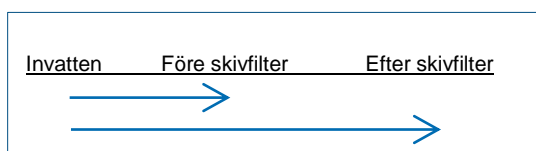
Figur 5. Koncentration (antal per m³) mikrokräp i avloppsvatten före och efter skivfilter (utgående vatten). Figur A) mikrokräp är uppsamlade på ett filter med maskvidden 300 µm och filtrering har skett på reningsverket (ca 200-1800 liter). Felstaplarna anges som medel ±1SE (standardfel) och baseras på tre efter varandra följande filtreringar av vattnet. Figur B) mikrokräp är uppsamlade på ett filter med maskvidden 20 µm och filtrering har skett på laboratoriet (ca 1-5 liter). Staplarna anger medeltal ±1SE (standardfel) (n=3 före skivfiltret och n=2 efter skivfiltret).

Observera att resultaten i Figur 5A baseras på filtrering av större volymer vatten än resultaten i Figur 5B. Resultat för "före skivfilter" i Figur 5B för analys av 20 µm-filter baseras på tre prover från en och samma dunk och "efter skivfilter" baseras på två prover från en och samma dunk. Detta visar att variationen är hög till och med inom en volym av 12 liter. Samtidigt går det p.g.a. vattnets organiska innehåll inte att filtrera

igenom större volymer vatten genom ett filter med 20 µm än de som har använts (se tabell 2). I Figur 5B är det endast fyra skräpföremål som har fastnat på ett filter vid en av filtreringarna men den lilla volymen vatten gör att totalantalet mikrokröp per m³ blir högt. Eftersom det är så pass få prover som har studerats bör ytterligare analyser genomföras för att bekräfta den effektiva reningen. Varför skivfiltret inte fungerar för att minska antalet icke-syntetiska fibrer är inte känt.

5.3 Reduktionsgrader av mikrokröp vid passage genom verket

Reduktion av mikrokröp inom reningsverket har beräknats dels för provtagning med 300 µm-filter och dels för provtagning med 20 µm-filter. Den mindre maskstorleken gör att fler skräpstorlekar och mer mikrokröp fångas upp av 20 µm-filtret än av 300 µm-filtret. Avloppsvatten har provtagits på tre punkter inom reningsverket, se Figur 6. Analys av vattnet ger information om hur mycket vattnet renats: 1) mellan provtagningspunkt för invatten och fram till skivfiltret samt 2) mellan provtagningspunkt för invatten och provtagningspunkt efter skivfiltret d.v.s efter fullständig rening.



Figur 6. Provtagningspunkter mellan vilka graden av mikrokröps-reduktion har beräknats.

Analys av vattnets innehåll av mikrokröp visar att reningsverkets reningssteg fram till skivfiltret reducerar mängden skräp betydligt (se Tabell 4 och Tabell 5). Analys av 300 µm filter visar att syntetiska fibrer reduceras mest av alla skräpkategorier fram till skivfiltret. Efter passage över filtret har ytterligare reduktion skett men det är bara syntetiska partiklar som har reducerats fullständigt. Viktigt att påpeka är att resultaten i tabell 4 bygger på större provtagningsvolymer (se Tabell 2) än resultaten i tabell 5 eftersom det inte är möjligt att pumpa stora volymer genom ett 20 µm filter. Vid provtagning efter skivfiltret har det således pumpats 1 762-1 872 liter över 300 µm-filtret men bara 5,4 liter över 20 µm-filtret. Detta innebär att mikrokröp som är mindre än 300 µm och förekommer i lägre koncentration än en per 5,4 liter inte provtas. Denna kunskap kan enbart fås genom att filtrera vattnet genom en sekvens av filter med olika maskvidd exempelvis: 300, 200, 100, 50 och 20 µm.

Tabell 4. Reduktionsgrad (%) för mikrokröp (som fångas på 300 µm filter) mellan två olika provtagningspunkter i verket enligt Figur 5. Summa mikrokröp innefattar syntetiska fibrer + icke-syntetiska fibrer + syntetiska partiklar. Summa mikroplast innefattar syntetiska fibrer + syntetiska partiklar.

Provpunkter	Reduktionsgrad (%) analyserat med 300 µm filter				
	Summa mikrokröp	Summa mikroplast	Syntetiska fibrer	Icke-syntetiska fibrer	Syntetiska partiklar
Invatten och före skivfilter	99,10	99,15	99,23	98,99	98,41
Invatten och efter skivfilter	99,99	99,99	99,99	99,98	100,00

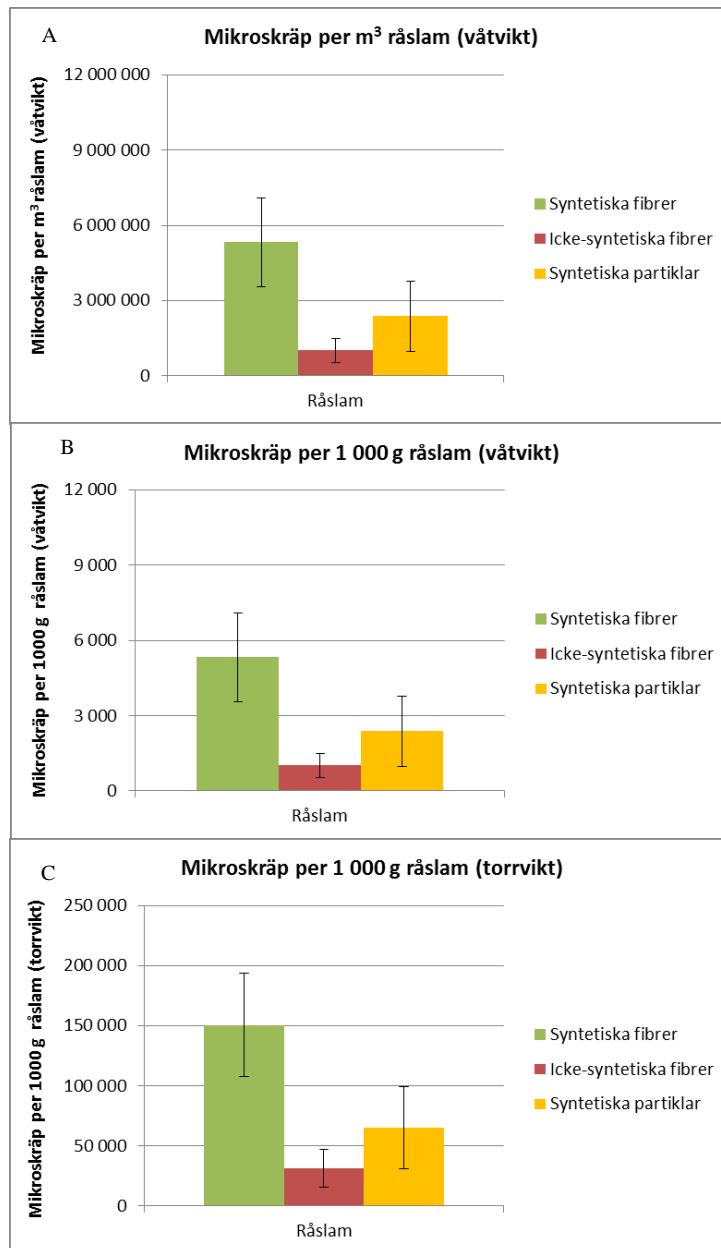
Analys av 20 µm filter visar att alla skräpkategorier har reducerats fram till skivfiltret och syntetiska flagor har reducerats fullständigt (se Tabell 5). Efter passage över filtret är reduktionen total för alla skräpkategorier förutom icke-syntetiska fibrer som inte har reducerats alls. Reduktionsgraden för den totala mängden mikrokräp (syntetiska fibrer + icke-syntetiska fibrer + syntetiska partiklar + syntetiska flagor) uppfångat på 20 µm filter efter alla reningssteg är 99,65 %.

Tabell 5. Reduktionsgrad (%) för olika typer av mikrokräp (som fångas på 20 µm filter) mellan tre olika provtagningspunkter i verket enligt Figur 6. Summa mikrokräp innefattar syntetiska fibrer + icke-syntetiska fibrer + syntetiska partiklar + syntetiska flagor. Summa mikroplast innefattar syntetiska fibrer + syntetiska partiklar.

Provpunkter	Reduktionsgrad (%) analyserat med 20 µm filter					
	Summa mikrokräp	Summa mikroplast	Syntetiska fibrer	Icke-syntetiska fibrer	Syntetiska partiklar	Syntetiska flagor
Invatten och före skivfilter	97,88	97,26	96,51	99,01	82,76	100,00
Invatten och efter skivfilter	99,65	100,00	100,00	99,02	100,00	100,00

5.4 Koncentration mikrokräp i råslam

Råslam bildas i försedimenteringen som är det reningssteg som kommer före den biologiska reningen. Eftersom råslammet består av sedimenterat material går det inte att filtrera igenom ett filter. Vid analysen placerades därför råslam med en känd vikt ut på filter med maskvidden 300 µm och analyserades därefter m.h.a. stereolupp. Analysen visade att råslammet innehöll: syntetiska fibrer, icke syntetiska fibrer och syntetiska partiklar vilket redovisas både per torrsvikt och per våtvtikt, se Figur 7. Syntetiska fibrer förekom i högre koncentrationer än icke syntetiska fibrer, $2,4 \cdot 10^6$ stycken per m^3 jämfört med $1 \cdot 10^6$ per m^3 . Alla skräpkategorier uppvisar stor variation mellan de sju delprover som tagits från samma burk varför ytterligare analyser rekommenderas. Varje dag bildas ca 118 m^3 råslam vid Arvidstorps reningsverk som förs till rötning (Miljörapport 2014). Med ett medelvärde på $5 \cdot 10^6$ syntetiska fibrer per m^3 råslam innebär detta att ca $5,9 \cdot 10^8$ fibrer avlägsnas den här vägen från verket varje dag.

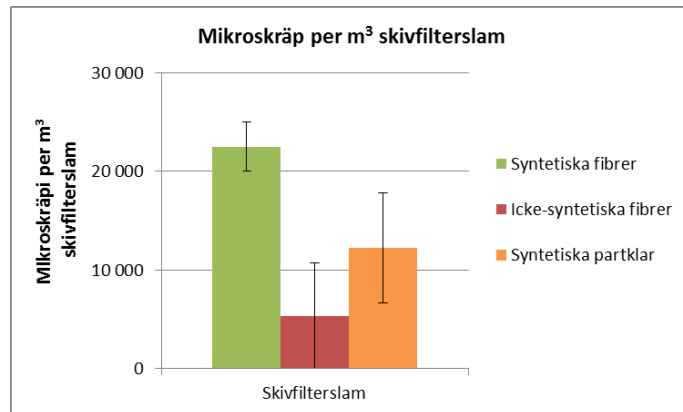


Figur 7. Koncentration av mikrokräp >300 µm i råslam redovisat med tre olika enheter, i figur A per m³ (våtvikt), i figur B per 1 000 g (våtvikt) samt i figur C per 1000 g (torrvikt, torkat vid 70 °C till konstantvikt). Staplarna anger medeltal ±1SE (standardfel) (n= 7). Observera att vattenhalten nästan är 1g/ml varför siffrorna i A och B i princip är identiska.

5.5 Koncentration mikrokräp i skivfilterslam

Skivfilterslam uppstår vid skivfiltret och innehåller mycket mer vatten än råslam. Vid analysen har det därför varit möjligt att filtrera skivfilterslam igenom ett filter med maskvidden 300 µm. I skivfilterslammet dominerar syntetiska fibrer med ett medelvärde på $2,3 \cdot 10^4$ per m³, se

Figur 8. Medelkoncentrationen av syntetiska partiklar är inte obetydlig utan ungefär hälften av koncentrationen av syntetiska fibrer. Per dygn bildas i medeltal 650 m³ skivfilterslam på Arvidstorps reningsverk som totalt innehåller 26,6·10⁶ stycken mikrokräp (syntetiska fibrer + icke-syntetiska fibrer + syntetiska partiklar).

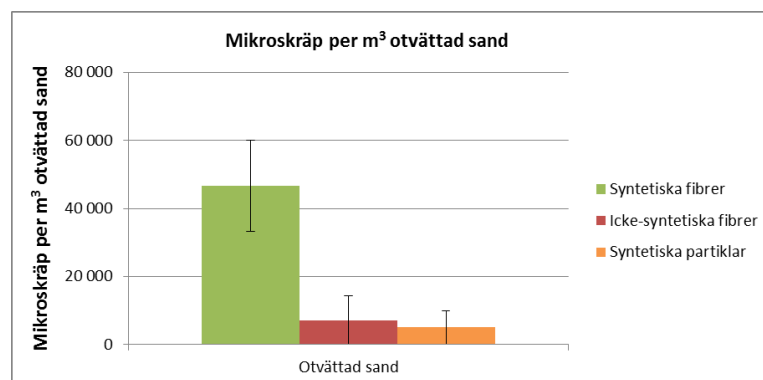


Figur 8. Mikrokräp i skivfilterslam. Felstaplarna anges som medelvärde ±1SE (standardfel) och baseras på två prover utplockade från en burk med ca 1 000 ml skivfilterslam.

5.6 Koncentration mikrokräp i otvättad sand

I provpunkten otvättad sand hamnar sand och vatten från sandfånget och förhållandet mellan sand och vatten varierar över tid eftersom sanden då och då överförs till sandtvätten. Vid provtillfället hade huvuddelen av sanden överförs till sandtvätten och därför utgjordes provet i huvudsak av vatten. I provet förekom syntetiska fibrer i absolut högst koncentration med i medeltal 47 000 per kubikmeter prov, se

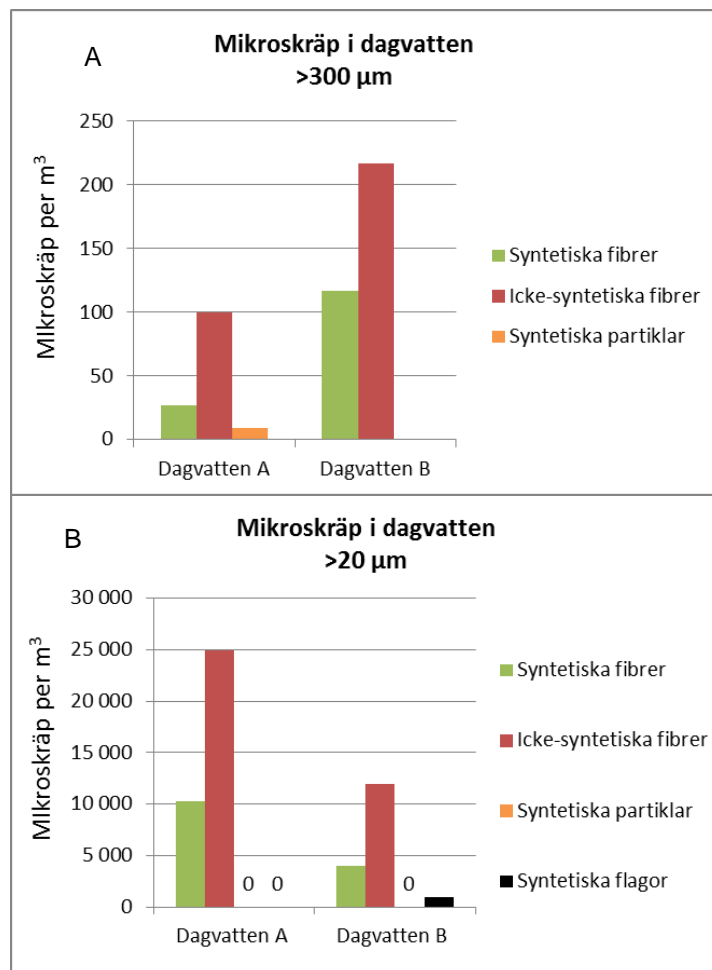
Figur 9. Icke syntetiska fibrer och syntetiska partiklar förekommer dock också men i betydligt lägre koncentrationer. Variationen mellan replikat är hög för alla skräpkategorier.



Figur 9. Mikrokräp per m³ otvättad sand. Data anges som medelvärde ±1SE (standardfel) (n=2) baserat på två prover uttagna från 1 liter otvättad sand.

5.7 Koncentration mikrokröp i dagvatten och dagvattengrus

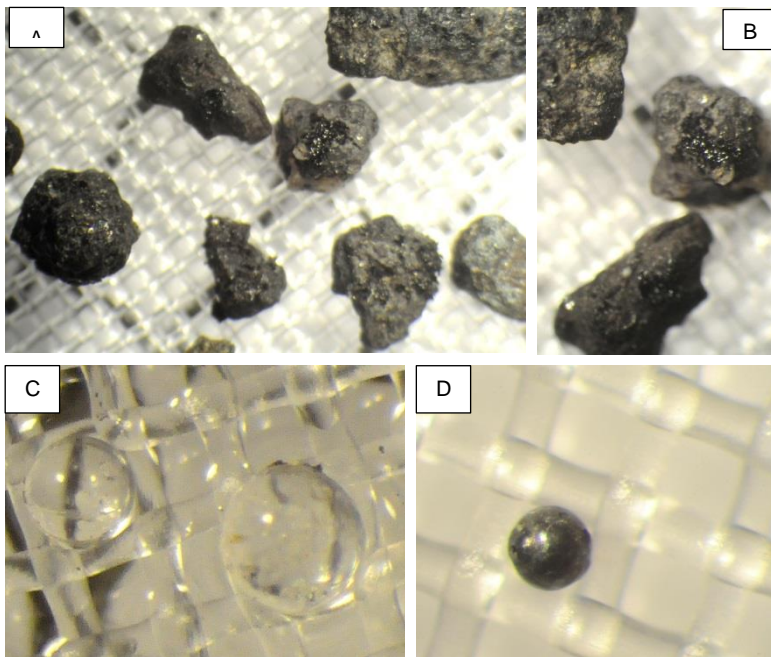
En pumpbrunn för dagvatten provtogs vid provtagningsstillfället och prov togs från andra kammaren. Positionen är enligt WGS84 DDM 58°17.664'N 12°21.280'E. Vid båda provtagningarna (i samma dagvattenbrunn) var koncentrationen av icke-syntetiska fibrer >300 µm än koncentrationen av syntetiska fibrer och syntetiska partiklar >300 µm, se Figur 10. På laboratoriet filtrerades dagvatten genom det finmaskigare filtret (maskvidd 20 µm, volym 960 ml) som fångar upp mindre mikrokröp varför koncentrationen av de olika skräpkategorierna vanligtvis blir högre. P.g.a. den mindre maskvidden fångades syntetiska flagor upp men inga syntetiska partiklar vilket troligtvis berodde på att en mindre provvolym användes för filtrering över 20 µm-filtret än över 300 µm-filtret.



Figur 10. Koncentration av mikrokröp per m³ dagvatten. I figur A redovisas resultat från två filtreringar (A och B) på plats i fält i en dagvattenbrunn med 300 µm-filtret (60-110 liter per filtrering). I figur B redovisas resultat från filtrering av dagvatten på laboratoriet där två stycken 1 liters burkar med dagvatten analyserats. Filtrering har först skett genom filter med maskvidd 300 µm och därefter har det filtrerade vattnet filtrerats genom filter med maskvidd 20 µm (960 ml). Figur B visar således det summerade värden av mikrokröp på 20 + 300 µm-filtret.

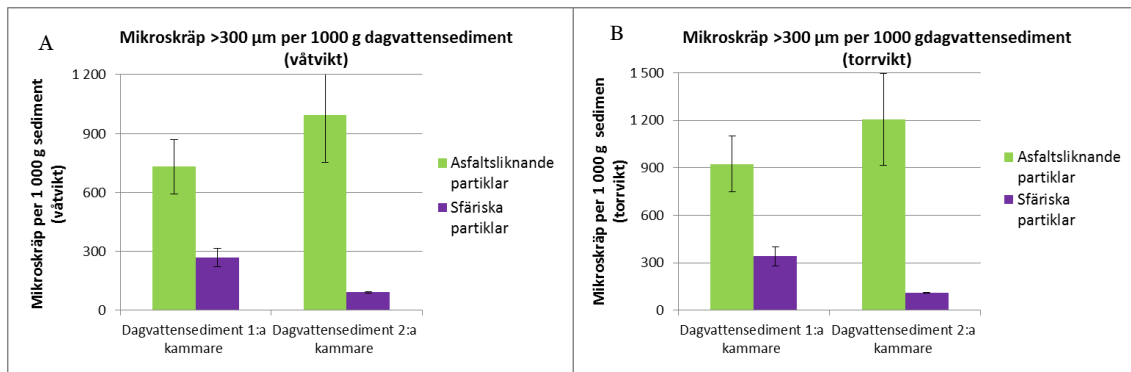
I dagvattenbrunnens sediment identifierades två skräpkategorier som inte påträffats på andra platser i studien, asfaltsliknande partiklar samt helt sfäriska partiklar, se

Figur 11.



Figur 11. Skräpkategorier påträffade i dagvattensediment. Filtrets maskvidd är 300 µm. Figur A–B visar asfaltsliknande partiklar. Figur C visar glaskulor och figur D visar vad som troligtvis är en metallkula.

Koncentrationen av asfaltsliknande partiklar (antal per 1 000 g) är högre än den andra kategorin skräp som består av helt sfäriska partiklar, se Figur 12. Koncentrationen mikrokröp beräknat per torrsvikt dagvattensediment är relativt snarlik då vattenhalten är låg och sedimentet är grusigt.



Figur 12. Koncentration av två kategorier mikrokröp >300 µm per 1 000 g våtvikt dagvattensediment i figur A samt per 1 000 g torrsvikt dagvattensediment i figur B. Data anges som medelvärde ±1SE (standardfel) (n=2).

6 Diskussion

Eftersom flera olika platser inom reningsverket och ute på avloppsvattennätet har provtagits så förs diskussionen per plats för tydlighetens skull.

Ingående avloppsvatten

Analyserna visar att Arvidstorps reningsverk precis som andra reningsverk tar emot mikroskopiskt skräp med det inkommande avloppsvattnet. Analys av råslam, skivfilterslam och utgående vatten visar att huvuddelen av det inkommande mikrokräpet renas inom verket och fastnar i olika typer av slam.

I jämförelse med studier av inkommande avloppsvatten till tre andra svenska reningsverk: Henriksdal, Ryaverket och Långevik så är antalet mikroplast (syntetiska fibrer + syntetiska partiklar) per kubikmeter (fångat på 300 µm filter) ungefär lika stort i Arvidstorp, ca 15 000 stycken, som i de tre andra med mellan 7 000- 30 000 stycken (Magnusson och Wahlberg, 2014). Vid jämförelse av innehållet av mikrokräp >20 µm i inkommande avloppsvatten så var halter av mikroplast (syntetiska fibrer + syntetiska partiklar i Arvidstorp (69 000/m³) och därmed inom samma spann som inkommande mängder (20 000- 80 000) till de tre svenska reningsverk som nämndes tidigare (Magnusson rapport B2208).

Vad gäller antalet textilfibrer (icke-syntetiska fibrer) >300 µm så var det mycket lägre i avloppsvatten in till Arvidstorp (ca 7 000/m³) än vad man fann i avloppsvatten inkommande till de tre andra svenska reningsverken (60 000-80 000 /m³). Också antalet icke-syntetiska fibrer >20 µm i inkommande vatten till Arvidstorp (38 000/m³) var färre än antalet i avloppsvatten in till de tre andra svenska reningsverken som alla hade mer än 100 000 icke-syntetiska fibrer per m³ (Magnusson och Wahlberg, 2014).

När inkommande avloppsvattnet till Arvidstorp jämförs med data från inkommande avloppsvatten till tre norska reningsverk så hade de norska verken högre halter av icke-syntetiska fibrer >300 µm (ca 45 000 till 176 000 fibrer per kubikmeter) medan vattnet in till Arvidstorp enligt föreliggande analys innehöll ca 7 000/m³ (Magnusson, 2014). Antalet mikroplastpartiklar (syntetiska fibrer + syntetiska partiklar) (>300 µm) i avloppsvatten in till de norska reningsverken var mellan 8 000- 23 000/m³ och snarligt antalet i vattnet till Arvidstorp med ca 15 000/m³. Vid jämförelse av mikrokräp >20 µm så innehöll avloppsvatten in till norska reningsverk mellan 25 000-75 000 mikroplastpartiklar/m³ medan vattnet in till Arvidstorp innehöll 69 000. Innehållet av icke-syntetiska fibrer >20 µm in till norska reningsverk var mellan 100 000-600 000 vilket är betydligt fler än de 38 000 som uppmättes i vattnet in till Arvidstorps reningsverk (se figur 1.).

Anledningen till att vattnet in till Arvidstorps reningsverk innehöll färre icke-syntetiska fibrer är inte känd. Det kan vara en ren tillfällighet att de icke-syntetiska fibrerna under provtagningsdagen var färre till antalet eller så är förhållandet en konstant karaktär för avloppsvatten som leds till Arvidstorps reningsverk.

Det är inte klarlagt om det är hushållen som är den huvudsakliga källan till icke-syntetiska fibrer i avloppsvatten eller om det också finns andra viktiga källor. Enligt personal vid Arvidstorps reningsverk tar det ca fyra timmar för spillvatten från hushåll/källor att nå verket och eftersom inkommande avloppsvatten provtogs vid 16.00 bör detta ha lämnat hushållen/källorna vid 12.00. Om hushållen är en viktig källa till icke-syntetiska fibrer kan detta vara en tidpunkt då få tvättmaskiner körs och då få golv våttorkas. Analys av hushållspillvatten A och B ute på nätet (se Figur 1) indikerar att det finns geografiska mönster vad gäller innehållet i avloppsvattnet och att det finns avloppsströmmar som också innehåller lägre koncentrationer av både icke-syntetiska fibrer och syntetiska fibrer. Ytterligare analyser behövs för att få kunskap om hur innehållet i avloppsvatten varierar under dagen, mellan dagar och mellan områden.

Utgående renat vatten

Reningsprocesserna på Arvidstorps är mekaniska, kemiska, biologiska och ett slutsteg bestående av ett skivfilter med maskvidden 10 µm.

I jämförelse med en studie av utgående vatten från tre andra svenska reningsverk är reningsgraden vid Arvidstorp hög (Henriksdal, Ryaverket och Långevik) (Magnusson och Wahlberg 2014). Halterna i utgående vatten av mikroplast respektive icke-syntetiska fibrer (>300 µm) var i medeltal 1,5 och 1,2 per kubikmeter medan Ryaverket som fungerar bäst av de tre andra svenska reningsverk som studerats i medeltal har omkring tre icke-syntetiska fibrer och åtta mikroplast per kubikmeter i utgående vatten (obs värden extraherade ur figur) (Magnusson och Wahlberg 2014a). Ryaverket har ett slutsteg med en större maskvidd (15 µm) och är i jämförelse med Arvidstorp också betydligt större med sina 740 000 personekvivalenter. Vid jämförelse av Arvidstorps reningsverk med en studie av tre norska reningsverk (Fuglevik, Tönsberg och VEAS) så syns samma mönster där innehållet av mikrokräp (fångat på 300 µm filter) i utgående renat vatten från Arvidstorps reningsverk är mycket lägre än innehållet i utgående renat vatten från de tre norska reningsverken (Magnusson 2014).

Vad gäller mikrokräp som fångas upp på 20 µm filter så reduceras mikroplast (syntetiska fibrer + syntetiska partiklar) och icke syntetiska fibrer bättre vid Arvidstorp än vad som visades vid en studie av de svenska reningsverken Henriksdal, Ryaverket och Långevik (Magnusson och Wahlberg 2014a). I studien av de tre svenska reningsverken analyserades även utgående vatten från pilotanläggningen vid Hammarbysjöstadsverket som har ett MBR-filter. Pilotanläggningens utgående vatten innehöll 208 mikroplast och 250 icke-syntetiska fibrer per m³ (Magnusson och Wahlberg 2014) Arvidstorp hade i jämförelse lägre halter mikroplast (0/m³) men fler icke-syntetiska fibrer (370/m³).

I jämförelse med halter av mikrokräp och icke-syntetiska fibrer >20 µm i utgående vatten från tre norska reningsverk så är halterna av både mikrokräp och icke-syntetiska fibrer lägre i det renade vattnet från Arvidstorp (Magnusson 2014).

Funktion hos Arvidstorps reningssteg

I studien har avloppsvatten före och efter skivfilter analyserats vilket visar att reningsgraden inom verket fram till skivfiltret är betydande och att ytterligare rening sker över filtret. Fram till skivfiltret reduceras syntetiska fibrer, icke-syntetiska fibrer och syntetiska partiklar >300 µm med mer än 98 % och efter passage genom hela verket reduceras samtliga kategorier med mer än 99 %. Vad gäller mikrokräp >20 µm reningssteg fram till skivfiltret så reduceras syntetiska fibrer, icke-syntetiska fibrer, syntetiska partiklar och syntetiska flagor med mer än 82 % och efter passage genom hela verket reduceras samtliga kategorier med mer än 99 %. Den enda skräpkategori som inte reduceras ytterligare över skivfiltret är icke-syntetiska fibrer >20 µm men reduktionen är ändå mer än 99 %. I jämförelse med den reduktionsgrad som är uppmätt i de svenska reningsverken Henriksdal, Rya och Långevik så är den snarlik vad gäller mikrokräp >300 µm men något bättre i Arvidstorp vad gäller mikrokräp >20 µm (Magnusson och Wahlberg 2014a).

Otvättad sand

Inhållet i behållaren med otvättad sand bestod vid provtagningstillfället i huvudsak av vatten som är kvar efter att sanden har flyttats över till sandvätten. Mikrokräpet i vattnet utgjordes till största delen av syntetiska fibrer men också icke-syntetiska och syntetiska partiklar förekom. Under ett år fastnar ca 5-8 ton sand i sandfånget.

Råslam

Innehållet av mikrokröp i råslam visar att syntetiska fibrer förekommer i högst antal och därefter syntetiska partiklar. Analysen visar också att råslammet innehåller mycket mikroplast vilket således transporteras bort från verket den vägen. Eftersom råslammet går vidare till rötning hade det varit intressant att analysera hur många fibrer det finns i den slutliga rötresten. Eftersom råslammet dock samrötas med flera andra substrat har analys av rötresten inte utförts eftersom det inte går att utläsa bidraget från själva reningsverket. Information om innehållet av mikrokröp i råslam på andra verk har inte påträffats.

Dagvatten samt dagvattensediment

Analysen av dagvatten visade att syntetiska fibrer, syntetiska partiklar samt icke-syntetiska fibrer förekommer också här. I jämförelse med utgående renat vatten från Arvidstorp så är innehållet av syntetiska fibrer och partiklar högre per m³ medan halterna av icke-syntetiska fibrer är lägre. Eftersom dagvattenutsläppen förekommer på många fler platser än utsläpp från stora reningsverk är detta något som behöva studeras vidare för att utflödet av mikrokröp från den här typen av källa ska kunna kvantifieras.

Dagvattenbrunnens bottensediment var grusliknande och innehöll förutom grus också asfaltsliknande partiklar och sfäriska partiklar av glas och metall som fångades upp på filter med maskvidden 300 µm. I medeltal innehöll de två dagvattenkammarna 700 respektive 1 000 asfaltsliknande partiklar per 1 000 g vått sediment. Eftersom sedimentet var tämligen grusigt är inflödet av dagvatten troligtvis så kraftigt (i alla fall tidvis) så att mindre asfaltpartiklar har forslats vidare med vattnet ut ur kammaren. Hur långt detta mikrokröp når i den omgivande miljön och koncentrationen i omgivningen är okänd. Det är dock känt att asfaltpartiklar innehåller polyaromatiska kolväten med upp till fem och sex ringar (Lee och Dong 2010). De sfäriska kulorna i metall kommer troligtvis från blåstring och de mikroskopiska glasskulorna skulle kunna komma från omgivande vägars vita färgmarkeringar.

Övrigt

Det är inte bara mikroskopiskt skräp som fastnar i reningsverket utan även större material som fastnar i det första rengallret som på Arvidstorp har en gallerbredd på tre mm. I Arvidstorp fastnar ca 32,8 ton (tvättat och pressat) material per år i rengallret vilket främst utgörs av toapapper och våtservetter enligt personal vid verket men materialet har dock aldrig blivit systematiskt karakteriserat (Wallebäck 2015).

Sammanfattningsvis

Inkommande vatten innehåller stora mängder mikrokröp men reningsprocesserna inom verket reducerar mängden mikrokröp betydligt. Skivfiltren bidrar till att reducera mängden mikrokröp ytterligare men den absoluta merparten av reduktionen har redan skett under tidigare reningssteg.

Inom verket fram till skivfiltren reduceras mikrokröp (syntetiska fibrer + icke-syntetiska fibrer + syntetiska partiklar + syntetiska flagor) >20 µm med 97,88 % och efter alla reningssteg är reduktionen av mikrokröp >20 µm 99,65 %.

Baserat på mätvärden under provtagningsdagen är inflödet av mikrokröp (>20 µm) i inkommande vatten 140 000 000 per timme. Efter att ha passerat samtliga reningssteg är utflödet av mikrokröp (>20 µm) som enbart bestod av icke-syntetiska fibrer, 500 000 per timme.

För att minska utflödet av mikrokröp från våra reningsverk och avloppsvattennät är det viktigt att kartlägga och sätta den eventuella volymen bräddat avloppsvatten i relation till den reduktion av mikrokröp som kan uppnås genom att införa ytterligare reningssteg på reningsverket. Eftersom

inkommande vatten innehåller stora mängder mikrokröp är det möjligt att den största effekten uppnås genom att minska graden av bräddning och att rena dessa volymer med befintliga processer.

7 Referenser

- Browne, M.A., P. Crump, S.J. Niven, E. Teuten, A. Tonkin, T. Galloway och R. Thompson (2011). "Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks." Environmental science & technology **45**(21): 9175-9179.
- Claessens, M., S. De Meester, L. Van Landuyt, K. De Clerck och C.R. Janssen (2011). "Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast." Marine pollution bulletin **62**(10): 2199-2204.
- Cole, M., P. Lindeque, E. Fileman, C. Halsband, R. Goodhead, J. Moger och T.S. Galloway (2013). "Microplastic ingestion by zooplankton." Environmental science & technology **47**(12): 6646-6655.
- do Sul, J.A.I. och M.F. Costa (2014). "The present and future of microplastic pollution in the marine environment." Environmental Pollution **185**: 352-364.
- Lee, B.-K. och T.T. Dong (2010). "Effects of road characteristics on distribution and toxicity of polycyclic aromatic hydrocarbons in urban road dust of Ulsan, Korea." Journal of hazardous materials **175**(1): 540-550.
- Magnusson, K. (2014). Mikrokröp i avloppsvatten från tre norska avloppsreningsverk. IVL Svenska Miljöinstitutet. Rapport C 71.
- Magnusson, K. och C. Wahlberg (2014a). "Mikroskopiska skräppartiklar i vatten från avloppsreningsverk. IVL Svenska Miljöinstitutet, rapport B 2208."
- Magnusson, K. och C. Wahlberg (2014b). "Mikroskopiska skräppartiklar i vatten från avloppsreningsverk. IVL Svenska Miljöinstitutet, rapport B 2208."
- Norén, F., K. Norén och K. Magnusson (2014). Marint mikroskopiskt skräp. Undersökning längs svenska västkusten 2013 & 2014. Länsstyrelsen i Västra Götalands län, rapport 2014:52.
- Norén, K. (2014). "Mikroskopiskt skräp i blåmusslor och sediment längs Västra Götalandskusten. IVL Svenska Miljöinstitutet, Rapport U4823."
- Wallebäck, F. (2015). "Miljörapport avloppsreningsverket 2014. Arvidstorps Avloppsreningsverk."



IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm
Tel: 010-788 65 00 Fax: 010-788 65 90
www.ivl.se