
Massbalans av mikroplaster på Käppalaverket

Angelica Andreasson
Frida Bäckbom

Svenskt Vatten

UTVECKLING

Svenskt Vatten Utveckling (SVU) är kommunernas eget FoU-program om kommunal VA-teknik. Programmet finansieras i sin helhet av kommunerna. Programmet lägger tonvikten på tillämpad forskning och utveckling inom det kommunala VA-området.

Författarna är ensamt ansvariga för rapportens innehåll, varför detta ej kan åberopas såsom representerande Svenskt Vattens ståndpunkt.

Svenskt Vatten Utveckling

Svenskt Vatten AB

POSTADRESS BOX 14057, 167 14 Bromma

BESÖKSADRESS Gustavslundsvägen 12, 167 51 Bromma

TELEFON 08-506 002 00

E-MAIL svensktvatten@svensktvatten.se

www.svensktvatten.se

RAPPORTENS TITEL	Massbalans av mikroplaster på Käppalaverket
TITLE OF THE REPORT	Mass balance of microplastics at Käppala wastewater treatment plant
FÖRFATTARE	Angelica Andreasson och Frida Bäckbom, Käppalaförbundet
RAPPORTNUMMER	2022-1
ANTAL SIDOR	38
SAMMANDRAG	Projektet har kartlagt mikroplastflöden i olika delar av Käppala reningsverk och är en komplettering till tidigare undersökningar. Analyser har kunnat identifiera partikelantal, massa och polymertyp i olika provtagningspunkter. Resultaten visar att Käppalaverket precis som andra reningsverk har god avskiljning av mikroplast från vattenfasen och låg tillförsel till recipienten.
SUMMARY	The report contains a survey of microplastic flows in different parts of Käppala WWTP and is a completion to a previous attempt. Analyzes have been able to identify number of particles, mass, and polymer type at the various points. The results show that Käppala WWTP, like other WWTPs, has good separation of microplastics from the water phase and a low impact on the recipient.
SÖKORD	Mikroplast, avloppsreningsverk, inkommande avloppsvatten, avloppsslam, utgående avloppsvatten
KEYWORDS	Microplastics, wastewater treatment plant, influent wastewater, sludge, effluent wastewater
MÅLGRUPPER	VA-organisationer
RAPPORT	Finns att hämta hem som pdf från Vattenbokhandeln. https://vattenbokhandeln.svensktvatten.se/
UTGIVNINGÅR	2022
UTGIVARE	© Svenskt Vatten AB
REFERENS	Andreasson A. och Bäckbom F. (2022). Massbalans av mikroplaster på Käppalaverket. SVU-rapport 2022-1. Stockholm, Svenskt Vatten.

Om projektet

PROJEKTNUMMER	20-122
PROJEKTETS NAMN	Massbalans av mikroplaster på Käppalaverket del 2
PROJEKTETS FINANSIERING	Svenskt Vatten Utveckling

Förord

Under år 2019 initierade Käppalaförbundet en kartläggning av mikroplaster i in- och utflödena på Käppalaverket med hjälp av Aalborg universitet som utförde analyserna. Eftersom Gryaab också höll på med ett liknande, men mer omfattande, projekt slog sig parterna ihop och slutresultatet av samarbetet presenteras i SVU-rapporten Kartläggning av mikroplaster – till, inom och från avloppsreningsverk (Tumlin och Bertholds 2020).

För Käppalaförbundets del kunde dock ingen massbalans genomföras eftersom provtagningspunkten för inkommande vatten påverkades av yttre faktorer och resultaten inte kunde användas på ett sätt som var representativt. Därför initierades ett nytt projekt där en ny provtagningsomgång genomfördes på inkommande vatten och ytterligare provtagningspunkter lades till för inkommande vatten före rensgaller och för vattnet från verkets renstvättar. När projektet påbörjats skickades en ansökan till SVU för att utöka provtagningsprogrammet ytterligare, vilket beviljades. Nu kunde även analys av mikroplaster ske före och efter reningsverkets aktivslamprocess samt före och efter rötningsprocessen. Även i det här projektet är det Aalborg universitet som genomfört samtliga provanalyser.

Projektledare har varit Angelica Andreasson, utredningsingenjör, och projektmedlem har varit Frida Bäckbom, processingenjör. Projektgruppen vill rikta ett stort tack till referensgruppen som bidragit med värdefull feedback till slutrapporten. Den har bestått av Marianna Berbeyer och Jonas Grundestam från Käppalaförbundet, Ann Mattsson från Gryaab samt Jes Vollertsen från Aalborg universitet. Ett tack riktas även till Rupa Chand från Aalborg universitet som svarat på våra många frågor samt Emelie Pollack och Mila Harding från Käppalaförbundet som hjälpt till med provtagningarna.

Februari 2022

Angelica Andreasson och Frida Bäckbom, Käppalaförbundet

Innehåll

Förord.....	2
Sammanfattning.....	4
Summary	5
1 Inledning.....	6
2 Bakgrund	7
3 Metod	8
3.1 Val av provtagningspunkter	8
3.2 Provtagning.....	9
3.3 Analysmetod	9
4 Resultat	10
4.1 Hushållsspillvatten	10
4.2 Inkommande avloppsvatten innan rensgaller.....	11
4.3 Vatten från renstvätt.....	12
4.4 Inkommande avloppsvatten efter rensgaller	14
4.5 Innan aktivslamprocessen	15
4.6 Efter aktivslamprocessen	15
4.7 Spolvatten från sandfilter	16
4.8 Orötat slam	17
4.9 Rötat oavvattnat slam.....	18
4.10 Rötat avvattnat slam	19
4.11 Utgående renat avloppsvatten	20
4.12 Bidrag från dagvatten.....	21
4.13 Massbalans Käppalaverket.....	22
4.14 Däckpartiklar	25
5 Diskussion	27
5.1 Inkommande vatten och renstvätt.....	27
5.2 Inom Käppalaverket.....	28
5.3 Mikroplastpartiklar i storleksintervall 500–5000 µm.....	29
5.4 Däckpartiklar	29
5.5 Felkällor.....	30
5.6 Framtida arbete.....	30
6 Slutsatser	32
Referenser	33
Bilaga A Information och resultat från vattenprover	35
Bilaga B Information och resultat från slamprover.....	37
Bilaga C Plastpartikelmassa i procent	38

Sammanfattning

Projektet har kartlagt mikroplastflöden i olika delar av Käppala reningsverk och är en komplettering till tidigare undersökningar. Analyser har kunnat identifiera partikelantal, massa och polymertyp i olika provtagningspunkter. Resultaten visar att Käppalaverket precis som andra reningsverk har god avskiljning av mikroplast från vattenfasen och låg tillförsel till recipienten.

Mikroplaster är högst 5 mm stora. Vissa av dem är tillverkade i mikroskopisk storlek och används i bland annat hygienartiklar, medan andra kommer från nedbrytning av större plastföremål som bildäck och kläder. Mikroplaster har fått stor uppmärksamhet under de senaste åren. Flera studier har genomförts på avloppsreningsverk för att kartlägga varifrån mikroplasterna kommer, hur stora massflöden det handlar om, hur de påverkar miljön och vilka hälsoeffekter de har.

Det här projektet är en fortsättning på ett projekt som redovisas i SVU-rapport 2020-8, Kartläggning av mikroplaster – till, inom och från avloppsreningsverk, där målet var att skapa en massbalans för mikroplaster över Käppalaverket. Det togs prover på inkommande avloppsvatten efter rensgaller, rötat avvattnat slam och utgående renat avloppsvatten. Analys av mikroplaster och däckpartiklar genomfördes av Aalborg universitet. På grund av vissa felaktigheter i provtagningen kunde det inte göras någon massbalans för Käppalaverket. Där det var möjligt gjordes jämförelser med Ryaverket i Göteborg och Sjölundaverket i Malmö.

I det här projektet har man lagt till ett antal provpunkter: inkommande vatten före rensgaller, vatten från renstvättar, före och efter aktivslamprocessen, backspolvatten från sandfiltren samt före och efter rötning. Liksom tidigare studier visar resultaten att mikroplaster avskiljs effektivt från vattenströmmen. Endast en liten andel, mindre än 0,1 procent, av inkommande mikroplaster efter rensgaller med 3 mm spaltvidd återfanns i utgående vatten hos Käppalaverket. Det som inte återfanns i utgående vatten återfanns dock i slammet. Resultat från före och efter rötning av slammet visade en reduktion av mikroplaster på omkring 23 procent, vilket stämmer bra överens med tidigare projekt. Reduktionen i rötkammaren kan bero på både kemisk nedbrytning och fragmentering av mikroplastpartiklarna till en storlek som är under detektionsgränsen på 10 µm.

Käppalaverkets bidrag av mikroplast till recipienten uppskattas till cirka 2,5 kg per år eller 0,005 gram per pe och år. Anmärkningsvärt för Käppalaverket var att cirka hälften av mikroplasterna bestod av alkyd som är ett bindemedel i alkydfärger och som bara hittats i mycket små mängder i inkommande vatten hos Ryaverket och Sjölundaverket.

För framtida studier vore det intressant att genomföra fler provtagningar före och efter det biologiska reningssteget eftersom Käppalaverket kommer att installera en process med suspenderade biofilmsbärare i plast. Andra intressanta provtagningspunkter är spillvatten från industriområden samt rensat från inkommande avloppsvatten. Man bör också följa mängden mikroplast i rötat och avvattnat slam eftersom det sprids på åkermark, även om flera studier pekar på att slam inte är den främsta källan till mikroplaster i jordbruket. En förhoppning är att analys av mikroplaster ska kunna standardiseras och utföras till ett lägre pris så att uppföljningar blir vanligare.

Summary

Microplastics is a subject that has received a great deal of attention in recent years, and several studies have been carried out and are being carried out to, among other things, map sources and mass flows, environmental impacts, and health effects.

This project is a completion and continuation of the project presented in SVU report 2020–8, with the aim of completing a mass balance of microplastics for Käppala wastewater treatment plant (WWTP). Samples have been taken at various parts of the treatment plant and analysis of microplastics and tire particles has been performed by Aalborg University. This was done to be able to carry out a mass balance of microplastics to and through the WWTP. Comparisons has been made with Rya WWTP in Gothenburg and Sjölanda WWTP in Malmö.

As in previous studies, the results of this project show that microplastics are effectively separated from the water stream and only a small proportion, less than 0,1 %, of incoming microplastics after 3 mm screens were discovered in outgoing water at Käppala WWTP. No conclusion can be drawn with regards to the separation over the screens due to uncertainties in the sampling point before the screens. The microplastics that were not discovered in outgoing water ended up in the sludge, where over 80 % of the microplastics that passes the screens are separated already during the pre-sedimentation and the rest during the post-sedimentation. Results from before and after digestion showed a reduction of microplastics by about 23 % which agrees with previous project where the reduction was around 30% (Tumlin & Bertholds, 2020). This reduction can consist of both chemical degradation and fragmentation of the microplastic particles to a size that is below the detection limit which is 10 µm.

A thing that was remarkable at Käppala WWTP was that around half of the microplastics consisted of alkyd, which is a binder in alkyd paints. This polymer was only found in small amounts in incoming water at Rya WWTP and Sjölanda WWTP.

For future studies it would be interesting to perform more sampling and analysis of microplastics before and after the biological treatment step since Käppala WWTP will be implementing MBBR (moving bed biofilm reactor). Other interesting sampling points are wastewater from industrial areas in the Käppala Association's catchment area and the waste from incoming wastewater that is separated with the screens.

1 Inledning

Mikroplaster har haft stor uppmärksamhet under de senaste åren och flera studier har genomförts och genomförs för att bland annat kartlägga härkomst och massflöden, påverkan på miljön samt hälsoeffekter.

Under 2019 genomfördes ett samarbete mellan Käppalaförbundet, Gryaab och Aalborg universitet där mikroplaster inklusive däckpartiklar i vatten- och slamflöden till, inom och från avloppsreningsverk analyserades med olika typer av Fourier Transform Infrared (FTIR)-spektroskopi eller pyrolys i kombination med gaskromatografi och masspektrometri (GC-MS) (Tumlin & Bertholds, 2020). Analyser skedde även på hushållsspillvatten från bostadsområdena Skarpnäck i Stockholm och Askim i Göteborg. För Käppalaförbundets del genomfördes provtagning och analys av mikroplaster på inkommande avloppsvatten efter rensgaller, rötat avvattnat slam och utgående renat avloppsvatten.

På grund av felaktigheter vid provtagning av inkommande vatten till Käppalaverket blev resultaten för dessa vattenprover inte representativa och någon massbalans för mikroplaster kunde inte göras för Käppalaverket. Felaktigheterna åtgärdades under 2019. Med rätt förutsättningar för inkommande provtagning startades ett nytt projekt hösten 2020 innefattande nya provtagningar och analyser på inkommande avloppsvatten. För att få en ökad förståelse för flödet av mikroplaster genom olika delar av verket lades ytterligare provpunkter till: inkommande vatten innan rensgaller med 3 mm spaltvidd, vatten från renstvättar som återförs processen, innan och efter aktivslamprocessen, backspolvatten från sandfiltren samt innan och efter rötning.

Målet med det här projektet har varit att:

- Genomföra provtagningar och med hjälp av analyser från Aalborg identifiera partikelantal, massa och polymertyper i olika punkter.
- Genomföra en massbalans av mikroplaster över olika delar av Käppalaverket.
- Undersöka hur stor andel av inkommande mikroplaster som härrör från hushåll utifrån tidigare provtagning av hushållsspillvatten från Skarpnäck.
- Uppskatta hur stor andel mikroplaster som har sitt ursprung från dagvatten.
- Där det är möjligt göra jämförelser med resultaten från Ryaverket och Sjölundaverket.

2 Bakgrund

Mikroplast är det samlingsnamn som används för små plastfragment. Det finns ingen vedertagen definition för mikroplaster, men vanligtvis avses plastpartiklar som är mindre än 5 mm (Naturvårdsverket, 2019).

Källorna till mikroplaster är många och skapas både avsiktligt, så kallade primära mikroplaster, och oavsiktligt, så kallade sekundära mikroplaster. Till de avsiktligt skapade finns källor som rengöringsprodukter, kosmetik och industriell produktion. Oavsiktliga mikroplastkällor är slitage och fragmentering från större plastprodukter. Exempel på dessa är tvätt av textilier gjorda av syntetfibrer, slitage från vägar och däck samt plastnedskräpning (Ejhed, et al., 2018).

Det har genomförts en del studier för att avgöra hur effektiva reningsverk är på att avskilja mikroplaster. I en sammanställning från IVL kan 85 % av mikroplasterna avskiljas redan vid försedimenteringen (Baresel & Olshammar, 2019). Studier visar även att en betydande andel av de mikroplaster som hamnar i slammet reduceras vid rötning, runt 30 % (Chand, et al., 2021). Vid Ryaverket i Göteborg (Tumlin & Bertholds, 2020) och Sjölundaverket i Malmö (Ljung, et al., 2018) har avskiljningen av mikroplaster visat sig var högre än 99 % sett till utgående renat avloppsvatten och 40 – 60 % har i stället återfunnits i avloppsslammet.

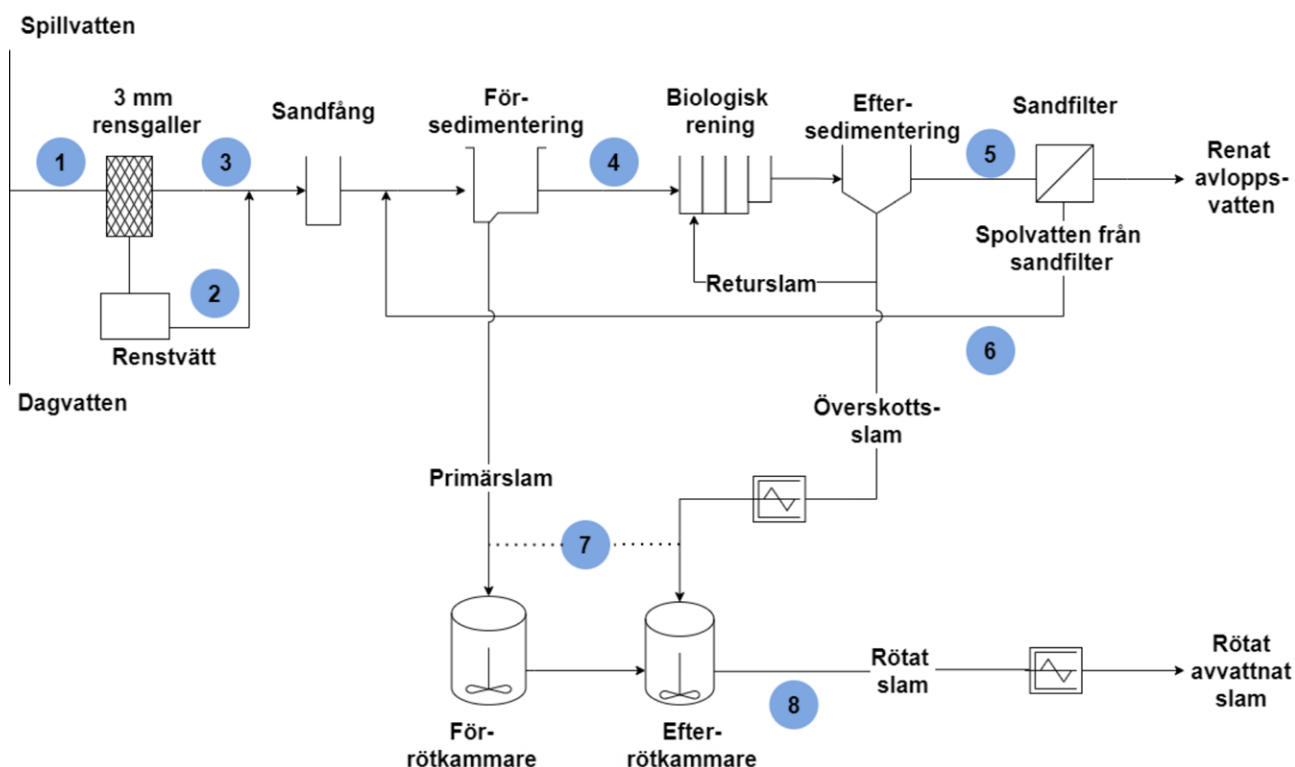
För en mer detaljerad bakgrund kring mikroplasters negativa effekter på miljön, deras källor och spridningsvägar samt möjliga åtgärder uppströms och nedströms se Tumlin och Bertholds (2020).

3 Metod

I det här avsnittet beskrivs de provtagningspunkter som valdes ut för det här projektet, motivering till att de valdes samt hur provtagningsförfarandet har gått till. Även en kortare genomgång av metoden för att analysera mikroplaster finns beskriven.

3.1 Val av provtagningspunkter

I figur 3.1 kan provtagningspunkternas placering i verket ses. Provpunkter 1–3 är inkommande avloppsvatten innan och efter rengaller samt vatten från renstvätt. Provpunkter 4–6 är innan och efter aktivslamprocessen samt spolvatten från sandfiltren. Slutligen är provpunkter 7 och 8 innan och efter rötningsprocessen. Tre samlingsprover togs från varje punkt under veckor med låg påverkan av nederbörd för att minska bidrag från tillskottsvatten. Rötat, oavvattnat slam togs tre veckor efter orötat slam på grund av att uppehållstiden i båda röt-kammare uppskattas vara ca tre veckor.



Provpunkt 1–3 provtogs för att undersöka hur mycket mikroplast som kommer in till verket, hur mycket förs bort med rensat som går till förbränning och renstvättvattnet för att undersöka hur mycket som tillförs processen igen. Ryaverkets resultat från tidigare rapport indikerar stor avskiljning med rengaller.

Provtagningspunkt 4–6 valdes för att utreda aktivslamprocessen och sandfiltrens påverkan på mikroplasterna. Flera studier pekar på att de mesta, runt 85%, av mikroplasterna redan har avskilts efter försedimenteringen. Resultat från filterspolvatten kan eventuellt hjälpa till att förklara varför Käppalaverket har mycket lägre halter mikroplast i utgående vatten än Ryaverket och Sjölundaverket, som inte har sandfilter.

Provtagningspunkt 7–8 valdes för att undersöka hur rötningsprocessen påverkar förekomsten av mikroplast.

Figur 3.1
Processchema med
provtagningspunkter.

3.2 Provtagning

Veckosamlingsproverna innan och efter galler samt på för- och eftersedimenterat vatten togs med hjälp av en automatisk vakuumprovtagare. Provtagaren tog prov var 15:e minut och proverna uppsamlades i glasbehållare, en för varje dygn. Provtagnings slangarna och provtagningskoppen är av plast men det bestämdes vara en obetydlig föroreningskälla eftersom vattnet endast passerar dessa några få sekunder. Dygnsproverna förvarades i aluminiumflaskor i kylskåp och blandades sedan till ett flödesproportionellt veckoprov. Totalt analyserades tre veckoprover.

Renstvättarna på Käppalaverket fylls upp med rens, därefter tillsätts vatten och sedan pressas rensen innan det transporteras till en container. Utpressat vatten återförs processen igen innan sandfång. Proverna på renstvättarna har tagits på det vatten som pressats ur rensen. Stickprov togs en gång per dag (måndag-fredag) i glaskärl som sedan hölldes över och förvarades i aluminiumflaskor innan samtliga blandades till ett samlingsprov. Totalt analyserades tre samlingsprover.

Även spolvattnet från sandfiltren provtogs som stickprov en gång per dag i fem dagar. Stickproverna blandades sedan till ett samlingsprov.

Käppalaverkets rötningsprocess är i serie och primärslammet rötas därför först i förrötkammaren innan det blandas med överskottsslammet och rötas i efterrötkammaren. Primärslammet provtogs därför innan förrötkammaren och överskottsslammet innan efterrötkammaren. Två stickprov togs per provtagningsvecka och blandades proportionerligt 2/3 primärslam och 1/3 överskottsslam eftersom det är så fördelningen av mängden slam ser ut. Två stickprov togs också på rörledningarna ut från efterrötkammaren innan avvattning.

3.3 Analysmetod

Proverna analyserades av Aalborg universitet. För att kunna analysera mikroplaster behövs flera förberedande steg för att ta bort irrelevant material och koncentrera upp mängden av mikroplaster samtidigt som mikroplasterna inte ska påverkas (Chand, et al., 2021).

Innan delprover tas ut homogeniseras provet. Oxidation används för att ta bort organiskt material och först för-oxideras delproverna med väteperoxid, H_2O_2 . Detta följs av en behandling med natriumdodecylsulfat, $NaC_{12}H_{25}SO_4$, vars syfte är att disintegrera andra partiklar och frigöra mikroplastpartiklarna för att underlätta silning och storleksseparation. Enzymbehandling genomförs för att ta bort fett, protein och cellulosa, vilket görs med hjälp av enzymerna lipas, proteas respektive cellulas. Ytterligare borttagande av organiskt material sker med hjälp av fentonoxidation och mikroplastpartiklarna genomgår därefter en densitetsseparation och till slut en partikelseparation där mikroplastpartiklarna delas upp i storleksintervallen 10 – 500 μm och 500 – 5000 μm eftersom två olika analysmetoder behöver användas.

Sedan kan analys av mikroplastpartiklar genomföras och proverna läggs i etanol. Fraktionen 500 – 5000 μm identifieras med Attenuated Total Reflected (ATR)-FTIR-spektroskopi och resultaten konfirmeras ytterligare med hjälp av mjukvaran OMNIC. Fraktionen 10 – 500 μm identifierades med μ FTIR-spektroskopi i kombination med mjukvaran siMPle som jämför resulterande spektra med referensspektra.

För att analysera däckpartiklar används en kombination av pyrolys, gaskromatografi och masspektrometri där mängden partiklar i ett prov tas fram genom att mäta nedbrytningsprodukter.

4 Resultat

Analysresultat för mikroplastpartiklar redovisas i storleksintervallen 10 – 500 µm och 500 – 5000 µm och resultaten för däckpartiklar presenteras i ett eget avsnitt. Samtliga resultat från Ryaverket, Sjölundaverket, hushållspillvatten samt Käppalaverkets resultat för rötat, avvattnat slam samt utgående vatten är från föregående projekt (Tumlin & Bertholds, 2020). Det lägre storleksintervallet kommer vara det som mest fokus läggs på för att kunna göra jämförelser med andra reningsverk. För mikroplastpartiklar i storleksintervallet 500 – 5000 µm så presenterades de i föregående projekt endast som antal partiklar per liter, medan det i det här projektet har varit möjligt att även få information om massan. Resultaten redovisas som medelvärden och samtliga analysresultat för de olika samlingsproven kan ses i bilaga A – C. För att uppskatta mikroplasmängder på årsbasis har flödena som varit aktuella under provtagningsveckorna använts. Data från de tre reningsverken från respektive provtagningsår visas i tabell 4.1.

	Antal pe ¹	Flöde milj. m ³ /år	Avvattnat slam ton/år
Käppalaverket (2020)	575 842	55	33 000
Ryaverket (2018)	971 000	123	55 000
Sjölundaverket (2016)	354 000	38	27 000

¹Pe – personekvivalent. Med en personekvivalent menas i denna studie den mängd BOD som motsvarar det genomsnittliga dagliga BOD-utsläppet per person. En pe motsvarar 70 g BOD7.

Tabell 4.1

Data från Käppalaverket, Ryaverket och Sjölundaverket.

4.1 Hushållspillvatten

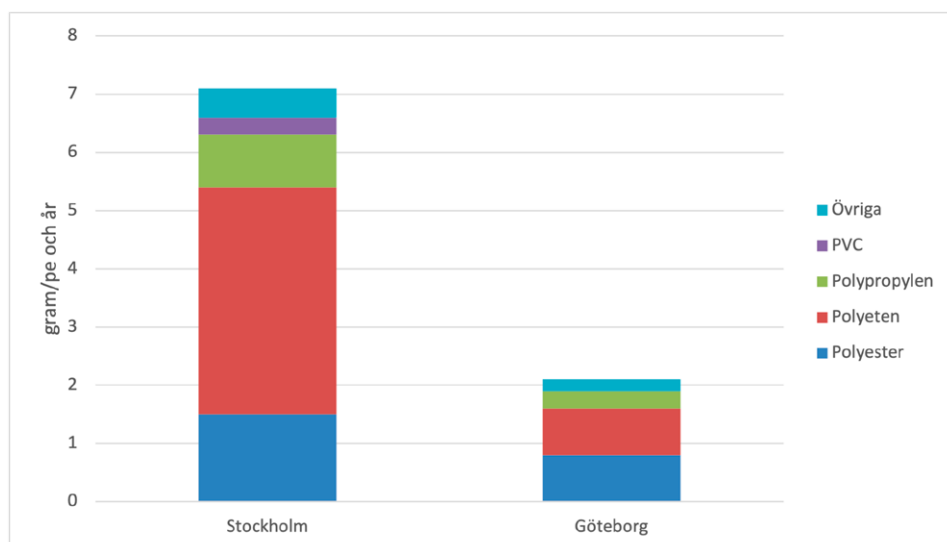
I tabell 4.2 nedan presenteras resultaten från provtagningar som skett i bostadsområden i Askim i Göteborg och Skarpnäck i Stockholm. Det ska tilläggas att Skarpnäck inte ligger i Käppalaförbundets upptagningsområde. Dessa resultat har sedan skalats upp för att representera allt spillvatten som når Ryaverket respektive Käppalaverket.

	Flöde från ref. område (m ³ /d)	Antal partiklar/l	µg/l från ref. område	g/person, år från ref. område	g/pe, år uppräknat till allt spillvatten
Göteborg	190	640	40	3,1	2,2
Stockholm	650	680	110	10	7,0

Tabell 4.2

Analysresultat för plastpartiklar i storleksintervallet 10–500 µm i hushållspillvatten från bostadsområdena Askim i Göteborg och Skarpnäck i Stockholm.

I figur 4.1 visas fördelningen av olika polymerer i respektive hushållspillvatten och vanligast förekommande är polyeten, polyester samt polypropylen. Under kategorin övrigt ingår polymerer som polystyren, epoxi, aramid och cellulosacetat.



Figur 4.1
Polymerfördelning i
hushållsspillvatten i
Stockholm och Göteborg.

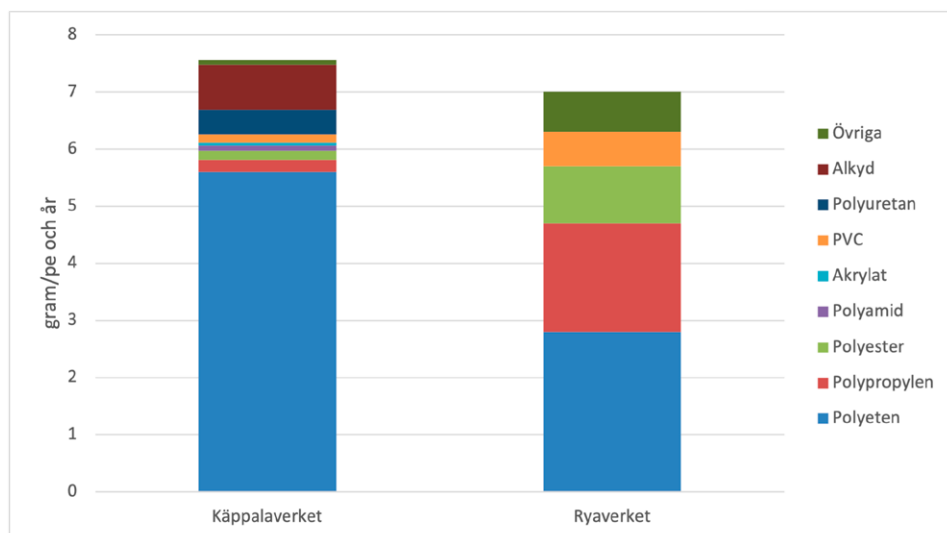
4.2 Inkommande avloppsvatten innan rensgaller

Med avloppsvatten innan rensgaller menas det vatten som inkommer till reningsverket innan det passerat galler med liten spaltbredd. Hos Ryaverket har det analyserade avloppsvattnet passerat ett grovgaller med en spaltbredd på 20 mm. För Käppalaverkets del varierade resultaten mycket mellan de olika provtagningsveckorna, men ligger som medel nära resultaten från Ryaverket, se tabell 4.3. Ett resultat som var markant högre än de andra två uppmätte en mikroplastmängd på 19 g per pe och år och massflöde 30 kg per dygn. Resultaten för den här provtagningspunkten får för Käppalaverket ses som mycket osäkra, se mer under diskussionskapitlet.

	Antal partiklar/l	µg/l	g/pe, år	g/ansluten person, år	kg/d
Käppalaverket	390	83	7,6	7,9	12
Ryaverket	530 ± 180	60	7,1	9,0	19

Tabell 4.3
Analysresultat för plastpartiklar i storleksintervallet 10–500 µm i inkommande avloppsvatten innan finrensgaller.

Polymerfördelningen i den här provtagningspunkten visas i figur 4.2 och polyeten är den polymer som står för den allra största andelen hos Käppalaverket medan det är mer fördelat hos Ryaverket.



Figur 4.2

Polymerfördelning i inkommande avloppsvatten innan finrengaller hos Käppalaverket och Ryaverket.

Plastpartiklar 500–5000 µm

Större mikoplastpartiklar upptäcktes endast i ett av proverna och bestod av polyeten, vilket också var den vanligaste polymeren i det mindre storleksintervallet 10–500 µm. Mängden per pe och år låg endast på 0,18 g och massflödet på 0,28 kg per dygn, se tabell 4.4.

	Antal partiklar/l	µg/l	g/pe, år	g/person, år	kg/d
Käppalaverket	0,11	2,0	0,18	0,18	0,28

Tabell 4.4

Resultat för plastpartiklar i storleksintervallet 500–5000 µm i inkommande avloppsvatten innan rengalleret.

4.3 Vatten från renstvätt

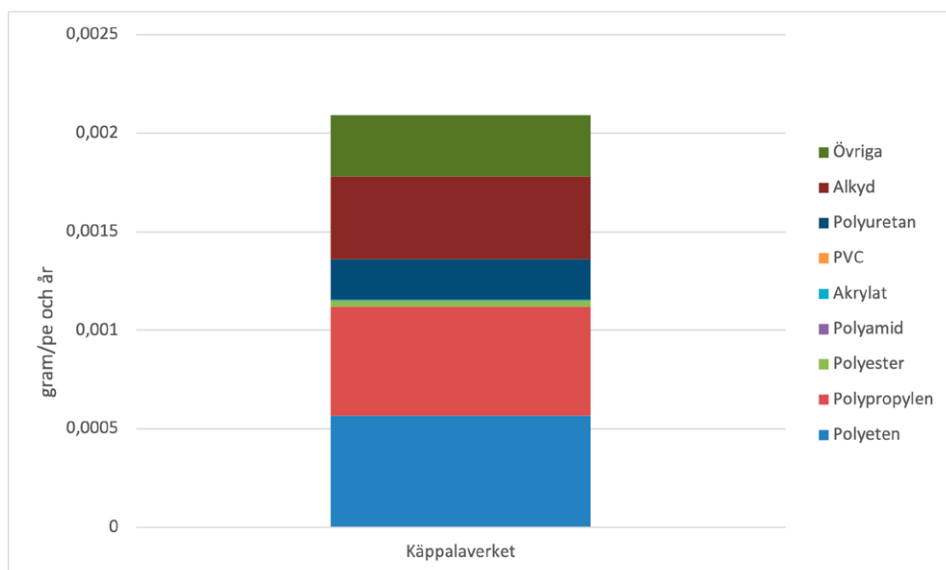
Renset som avskiljs från inkommande avloppsvatten tvättas och pressas och renstvättvattnet skickas sedan tillbaka till processen mellan rengalleret och sandfånet. Som kan ses i tabell 4.5 så innehåller vattnet från renstvättarna ett stort antal mikoplastpartiklar och koncentrationen är hög. Flödet från renstvättarna är däremot lågt så mängden mikoplast som återgår till processen är försumbar.

	Antal partiklar/l	µg/l	g/pe, år	g/person, år	kg/d
Käppalaverket	7 700	1 500	0,0021	0,0022	0,0033

Tabell 4.5

Analysresultat för plastpartiklar i storleksintervallet 10–500 µm i vatten från renstvättarna hos Käppalaverket.

Polymerfördelningen redovisas i figur 4.3 och vanligast förekommande var polyeten, polypropylen och alkyd. I kategorin övrigt stod cellulosaacetat för den största andelen.



Figur 4.3
Polymerfördelning i
rensvätvatten hos
Käppalaverket.

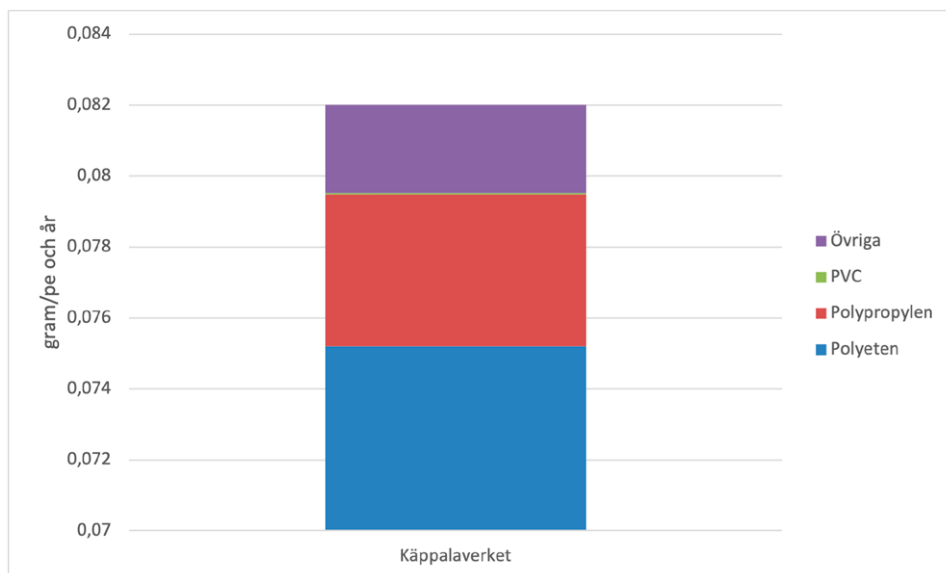
Plastpartiklar 500–5000 µm

Även för de större mikroplastpartiklarna i rensvätvatten var koncentrationen mycket hög, men bidraget per pe var endast 0,082 g och massflödet låg på 0,13 kg per dygn, se tabell 4.6.

	Antal partiklar/l	µg/l	g/pe, år	g/person, år	kg/d
Käppalaverket	12	42 000	0,082	0,086	0,13

Tabell 4.6
Resultat för plastpartiklar
i storleksintervallet
500–5000 µm i rensvätvatten.

I figur 4.4 visas polymerfördelningen av de större partiklarna i rensvätvatten och vanligast förekommande var polyeten och polypropylen. Av de övriga polymererna var det polystyren som stod för den största andelen.



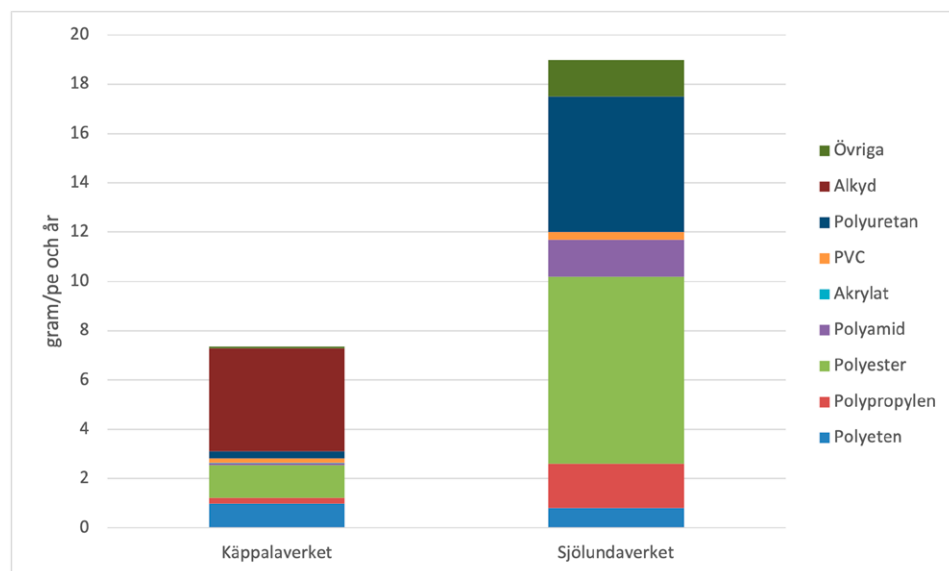
Figur 4.4
Polymerfördelning av större
partiklar i rensvätvatten
hos Käppalaverket.

4.4 Inkommande avloppsvatten efter rensgaller

Resultat för inkommande avloppsvatten efter rensgaller redovisas för Käppalaverket och Sjölundaverket i tabell 4.7. Rensgallret hos både Käppalaverket och Sjölundaverket har en spaltbredd på 3 mm medan spaltbredden hos Ryaverket är 2 mm. Ryaverket har ett värde på 5,1 g per pe och år utifrån resultat för provpunkten efter grovgaller och uppmätt mängd i rensset (Tumlin & Bertholds, 2020), vilket är något lägre än för Käppalaverket, medan resultaten hos Sjölundaverket är högre för alla parametrar.

	Antal partiklar/l	µg/l	g/pe, år	g/person, år	kg/d
Käppalaverket	410	81	7,4	7,7	12
Sjölundaverket	1880	180	19	20	18

När det kommer till polymerfördelningen i inkommande vatten så skiljer det sig mellan de olika reningsverken vilken som är den vanligast förekommande, se figur 4.5. Hos Käppalaförbundet står polymeren alkylid för 4,2 gram per pe och år, vilket är över hälften, medan den endast återfanns i liten kvantitet hos de andra reningsverken. Hos Sjölundaverket var polyester den vanligaste polymeren.



Tabell 4.7

Analysresultat för plastpartiklar i storleksintervallet 10–500 µm i inkommande avloppsvatten efter rensgaller hos Käppalaverket och Sjölundaverket.

Figur 4.5

Polymerfördelning i inkommande vatten efter rensgaller hos Käppalaverket och Sjölundaverket.

Plastpartiklar 500–5000 µm

För de större mikropplastpartiklarna var partikelantalet per liter väldigt lågt samtidigt som halten och mängden var drygt dubbelt så stor som för de mindre plastpartiklarna med 15 g per pe och år och massflödet var 24 kg per dygn vilket redovisas i tabell 4.8. De enda polymertyperna som identifierades i proverna var polyeten och polypropylen i ungefär lika stora mängder.

	Antal partiklar/l	µg/l	g/pe, år	g/person, år	kg/d
Käppalaverket	0,67	180	15	16	24

Tabell 4.8

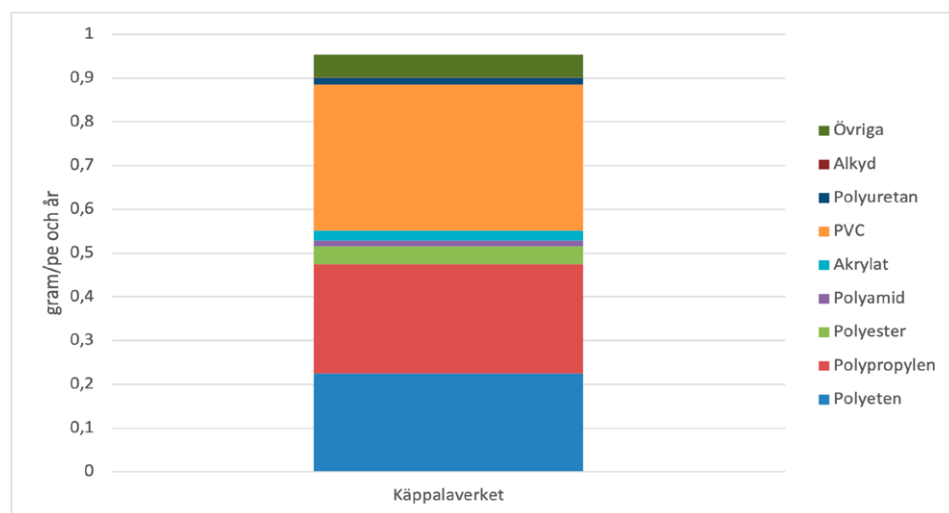
Resultat för plastpartiklar i storleksintervallet 500–5000 µm i inkommande avloppsvatten efter rensgallret hos Käppalaverket.

4.5 Innan aktivslamprocessen

Flödet genom försedimenteringen, men innan aktivslamprocessen, visade att en stor del av mikroplasterna avskilts till primärslammet, se tabell 4.9 jämfört med tabell 4.7. Det var många partiklar per liter medan halten och massan var låg. Mängden var endast 0,95 g per pe och år och massflödet 1,5 kg per dygn. Antalet partiklar per liter uppmättes till 140 stycken.

	Antal partiklar/l	µg/l	g/pe, år	g/person, år	kg/d
Käppalaverket	140	9,6	0,95	1,0	1,5

Polymerfördelningen som identifierades i försedimenteringen visas i figur 4.6 och den vanligaste polymeren är PVC följt av polypropylen och polyeten. Alkyd som stod för en majoritet av polymermängden i vattnet in till verket återfanns endast i en liten andel i den här provtagningspunkten.



Tabell 4.9

Analysresultat för plastpartiklar i storleksintervallet 10–500 µm i vattnet in till biobassängen hos Käppalaverket.

Figur 4.6

Polymerfördelning i försedimenteringen hos Käppalaverket.

Plastpartiklar 500–5000 µm

I tabell 4.10 redovisas resultaten för de större mikroplastpartiklarna som identifierats i flödet från försedimenteringen. Antalet partiklar som analyserats var lågt och mängderna är ungefär en tredjedel av det för små partiklar i försedimenteringen. De identifierade plastpartiklarna bestod av nästan lika stora delar polyeten som polyester samt en liten andel polypropylen.

	Antal partiklar/l	µg/l	g/pe, år	g/person, år	kg/d
Käppalaverket	0,56	3,1	0,30	0,31	0,48

Tabell 4.10

Resultat för mikroplastpartiklar i storleksintervallet 500–5000 µm i flödet in till biobassängen hos Käppalaverket.

4.6 Efter aktivslamprocessen

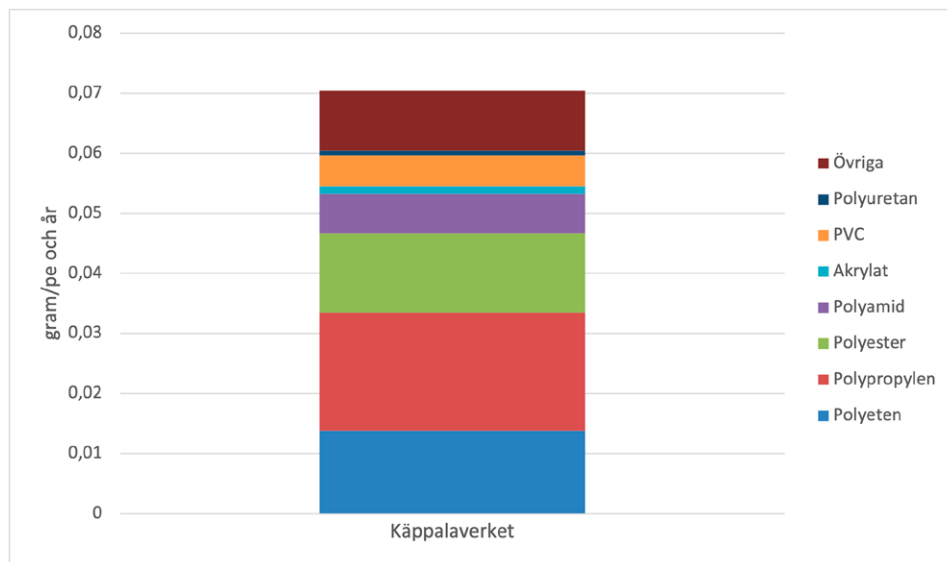
Analysresultaten från den här provtagningspunkten representerar flödet som passerat igenom biobassängens aktivslamprocess och eftersedimenteringen. Resultaten som presenteras i tabell 4.11 visar att det är en signifikant andel mikroplastpartiklar som avskilts med överskottsslammet jämfört med resultaten från innan den biologiska reningen där massflödet var 0,11 kg per dygn efter eftersedimenteringen jämfört med 1,5 kg per dygn in till det biologiska reningssteget innan. Mängden uppmätt mikroplast var 0,070 g per pe och år och antalet partiklar per liter var 24 stycken.

	Antal partiklar/l	µg/l	g/pe, år	g/person, år	kg/d
Käppalaverket	24	0,71	0,070	0,073	0,11

I figur 4.7 illustreras polymerfördelningen och polypropylen, polyeten och polyester är de vanligast förekommande plasttyperna som identifierades.

Tabell 4.11

Analysresultat för plastpartiklar i storleksintervallet 10–500 µm i vattnet in till eftersedimenteringen hos Käppalaverket.



Figur 4.7

Polymerfördelning i eftersedimenteringen hos Käppalaverket.

Plastpartiklar 500–5000 µm

Inga mikropplastpartiklar i storleksintervallet 500–5000 µm hittades i något av de tre proverna från eftersedimenteringen.

4.7 Spolvatten från sandfilter

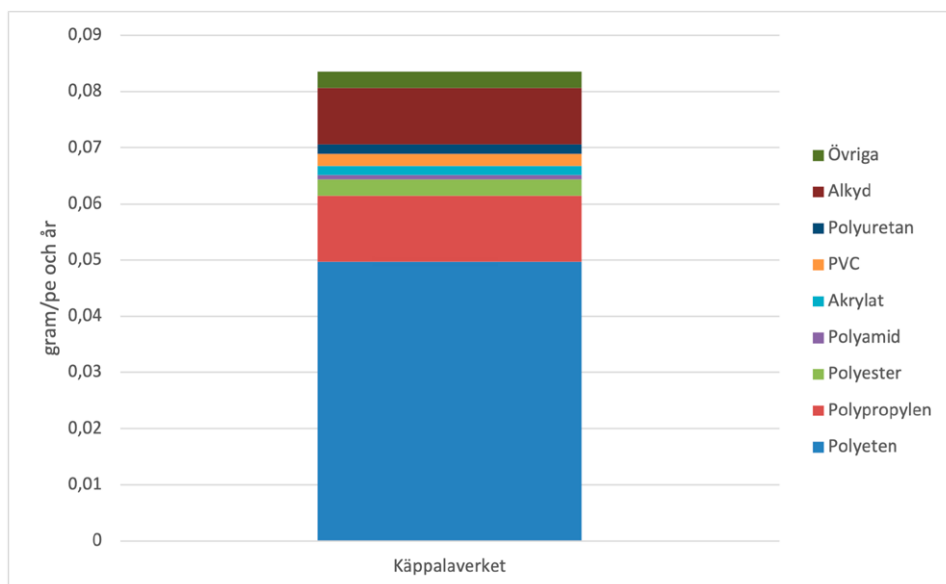
I spolvattnet från sandfiltren hos Käppalaverket identifierades ett stort antal partiklar per liter, 640 stycken, och koncentrationen var 57 µg per liter. Eftersom flödet av spolvatten är lågt blev övriga parametrar låga, där mängden var 0,084 g per pe och år och massflödet uppskattades till 0,13 kg per dygn, se tabell 4.12.

	Antal partiklar/l	µg/l	g/pe, år	g/person, år	kg/d
Käppalaverket	640	57	0,084	0,087	0,13

Polyeten var den vanligast förekommande polymeren i spolvattnet från sandfiltren hos Käppalaverket, följt av polypropylen och alkyd, vilket illustreras i figur 4.8.

Tabell 4.12

Analysresultat för plastpartiklar i storleksintervallet 10–500 µm i spolvatten från sandfilter hos Käppalaverket.



Figur 4.8

Polymerfördelning i spolvattnet från sandfiltren hos Käppalaverket.

Plastpartiklar 500–5000 µm

I tabell 4.13 presenteras resultaten för mikroplastpartiklar i storleksintervallet 500–5000 µm. Inga plastpartiklar upptäcktes i det första veckosamlingsprovet och det var få som identifierades i de övriga två. Mängden var 0,60 g per pe och år och massflödet var 0,91 kg per dygn. Polyeten stod även bland de större mikropartiklarna för den största andelen.

	Antal partiklar/l	µg/l	g/pe, år	g/person, år	kg/d
Käppalaverket	1,5	380	0,60	0,58	0,91

Tabell 4.13

Resultat för mikroplastpartiklar i storleksintervallet 500–5000 µm i spolvattnet från sandfiltren hos Käppalaverket.

4.8 Orötat slam

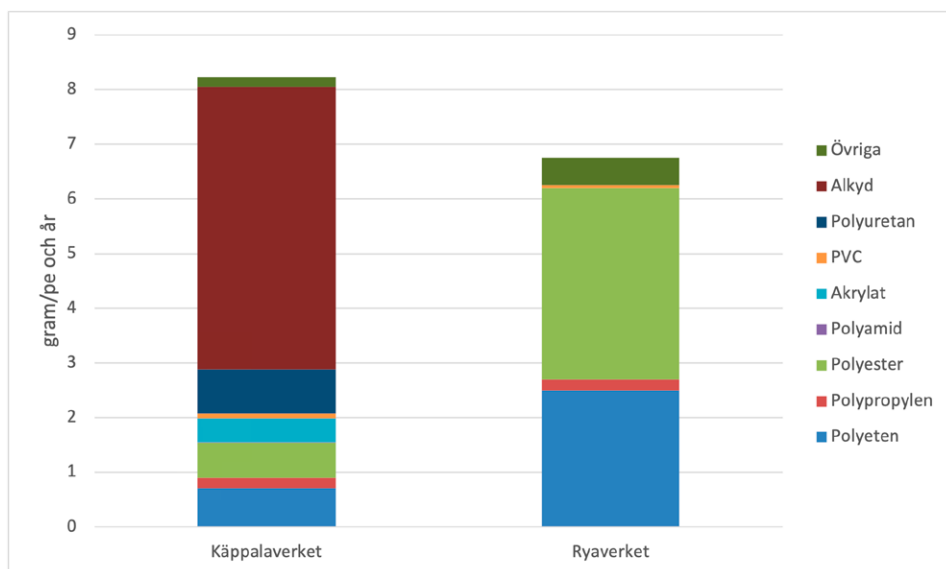
Analysresultaten för orötat slam för Käppalaverket och Ryaverket återfinns i tabell 4.14. Till skillnad från Ryaverket tar inte Käppalaverket emot något externt organiskt material. Det förekom mer än dubbelt så många partiklar i det orötade slammet hos Ryaverket, samtidigt som mängden per kg torrs substans (TS) var högre hos Käppalaverket, vilket även stämmer för mängden per pe och år.

	Antal partiklar/g TS	mg/kg TS	mg/kg VS	g/pe, år	kg/d
Ryaverket	4800	230	175	6,8	18
Käppalaverket	2200	250	310	8,2	13

Tabell 4.14

Analysresultat för plastpartiklar i storleksintervallet 10–500 µm i orötat slam hos Ryaverket och Käppalaverket.

När det kommer till polymerfördelningen i proverna för orötat slam så skiljer sig innehållet mot resultaten från Ryaverket, se figur 4.9. Polymeren alkyd stod för nästan 5,2 g/pe och år hos Käppalaverket, vilket är högre än det som uppmättes i inkommande vatten efter rens galler. Hos Ryaverket var däremot polyester den vanligaste polymeren som identifierades i slammet, följt av polyeten.



Figur 4.9

Polymerfördelning i orötat slam hos Käppalaverket och Ryaverket.

Plastpartiklar 500–5000 µm

Endast en liten mängd större mikroplastpartiklar återfanns i det orötade slammet hos Käppalaverket och endast i två av samlingsproven. Partikelantalet var lågt och massflödet var 0,91 kg per dygn och mängden 0,58 g per pe och år, se tabell 4.5. Sett till polymerfördelningen förekom alkyd, polyester och etylakrylatpolymer i liknande mängder.

	Antal partiklar/g TS	mg/kg TS	mg/kg VS	g/pe, år	kg/d
Käppalaverket	0,73	27	32	0,58	0,91

Tabell 4.15

Resultat för mikroplastpartiklar i storleksintervallet 500–5000 µm i orötat slam hos Käppalaverket.

4.9 Rötat oavvattnat slam

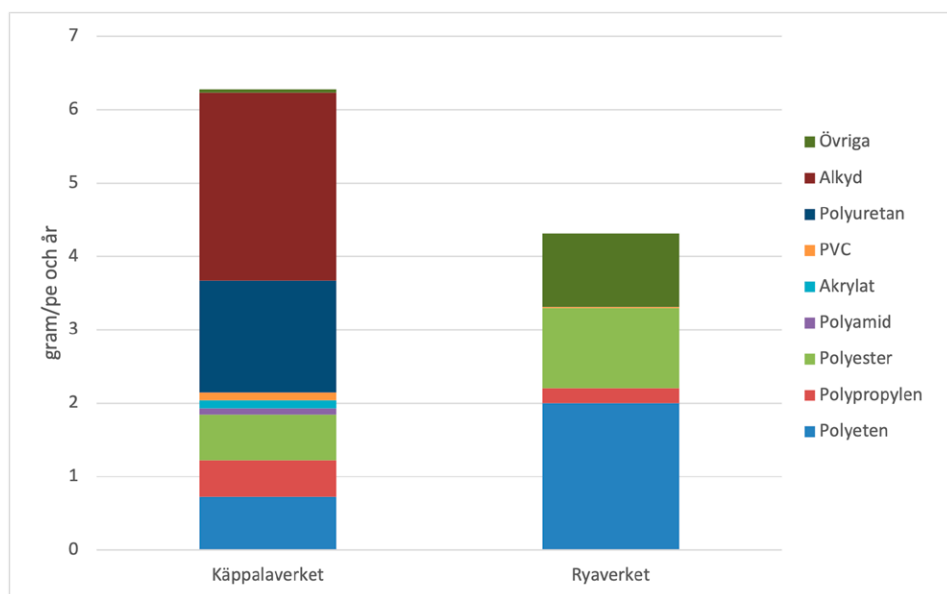
Även för rötat oavvattnat slam finns resultat från både Käppalaverket och Ryaverket och presenteras i tabell 4.16. För båda reningsverken ses en ökning av antalet partiklar i proverna jämfört med innan rötning samtidigt som mängden per pe och år samt masstransporten per dygn visar på en minskning.

	Antal partiklar/g TS	mg/kg TS	mg/kg VS	g/pe, år	kg/d
Ryaverket	7200	310	170	4,4	12
Käppalaverket	4100	400	610	6,3	9,9

Tabell 4.16

Analysresultat för plastpartiklar i storleksintervallet 10–500 µm i rötat oavvattnat slam hos Ryaverket och Käppalaverket.

Även efter rötning består en betydande andel av polymererna hos Käppalaverket av alkyd, 2,6 g per pe och år, och det är den polymeren som minskat mest, samtidigt som andelen polyuretan och polypropylen ökat. Hos Ryaverket är fortfarande polyester och polyeten de vanligaste polymererna, se figur 4.10.



Figur 4.10
Polymerfördelning i
rötat oavvattnat slam
hos Käppalaverket och
Ryaverket.

Plastpartiklar 500–5000 µm

Även för de större mikroplastpartiklarna ses en minskning av massa i rötat slam jämfört med resultaten från innan rötningen, vilket presenteras i tabell 4.17, där mängden per pe var 0,37 g och massflödet 0,58 kg per dygn. Likt flera av de andra provtagningspunkterna var partikelantalet lågt jämfört med de mindre partiklarna. Polyester och etylakrylat-polymer var vanligast förekommande.

	Antal partiklar/g TS	mg/kg TS	mg/kg VS	g/pe, år	kg/d
Käppalaverket	1	25	38	0,37	0,58

Tabell 4.17
Resultat för mikroplast-partiklar i storleksinter-vallet 500–5000 µm i rötat oavvattnat slam hos Käppalaverket.

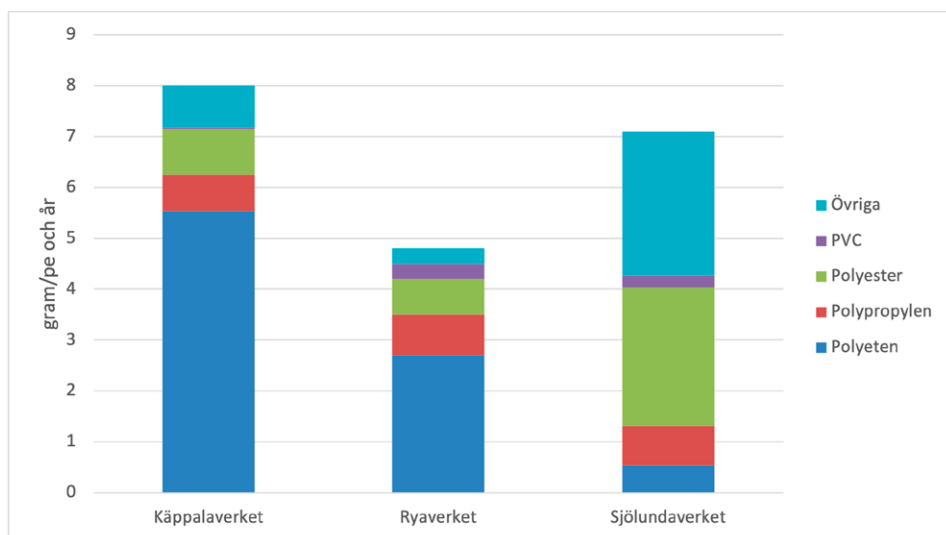
4.10 Rötat avvattnat slam

Resultaten för rötat avvattnat slam från Käppalaverket, Ryaverket samt Sjölundaverket redovisas i tabell 4.18. Värt att notera här är att resultaten för Käppalaverket kommer från föregående projekt (Tumlin & Bertholds, 2020) och har inte provtagits på nytt här. Resultaten ligger relativt nära varandra sett till mängd per pe och år medan det hos Ryaverket identifierades ett lägre partikelantal än hos Käppalaverket och Sjölundaverket.

	Antal partiklar/g TS	mg/kg TS	g/pe, år	g/person, år	kg/d
Ryaverket	1400	270	4,8	6,1	13
Käppalaverket	3700	510	8,0	8,1	12
Sjölundaverket	3750	420	7,1	7,5	6,8

Tabell 4.18
Analysresultat för plast-partiklar i storleksinter-vallet 10–500 µm i rötat och avvattnat slam hos Ryaverket, Käppalaverket och Sjölundaverket.

I figur 4.11 visas polymerfördelningen och för Käppalaverket och Ryaverket bestod den största andelen av polyeten följt av polyester och polypropylen. På Sjölundaverket var i stället polyester den vanligast förekommande polymeren. Av de övriga polymererna stack alkyd ut hos Sjölundaverket, samtidigt som den inte förekommit i någon större mängd i andra inkommande vatten.



Figur 4.11

Polymerfördelning i rötat avvattnat slam hos Ryaverket, Käppalaverket och Sjölundaverket.

4.11 Utgående renat avloppsvatten

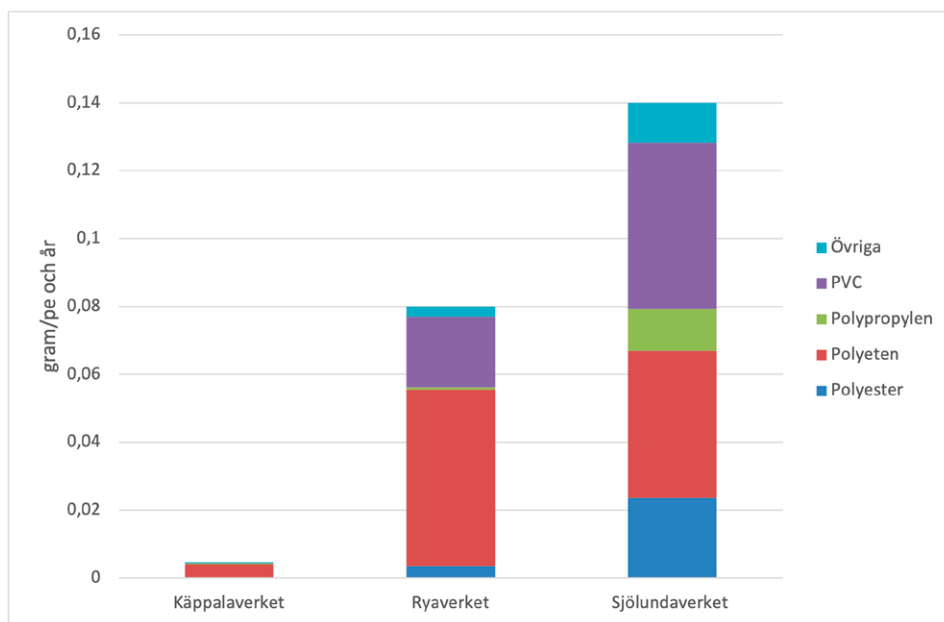
Tabell 4.19 nedan presenterar resultat på utgående renat avloppsvatten för Käppalaverket, Ryaverket och Sjölundaverket. Likt resultaten för rötat avvattnat slam kommer resultaten för Käppalaverket från föregående projekt (Tumlin & Bertholds, 2020) och utgående vatten har inte provtagits på nytt här. Ett lågt antal partiklar har identifierats hos samtliga reningsverk, men resultaten från Käppalaverket är markant lägre än för de andra där mängden var 0,005 g per pe och år och massflödet endast 0,007 kg per dygn.

	Antal partiklar/l	µg/l	g/pe, år	g/person, år	kg/d
Ryaverket	3,8	0,7	0,08	0,10	0,2
Käppalaverket	0,11	0,06	0,005	0,005	0,007
Sjölundaverket	8,7	1,4	0,14	0,15	0,1

Tabell 4.19

Analysresultat för plastpartiklar i storleksintervallet 10–500 µm i utgående renat avloppsvatten för Ryaverket, Käppalaverket och Sjölundaverket.

Polymerfördelningen i utgående renat avloppsvatten visas i figur 4.12 och polyeten var vanligt förekommande hos samtliga reningsverk. För Ryaverket och Sjölundaverket stod även PVC för en betydande andel.



Figur 4.12
Polymerfördelning
i utgående renat
avloppsvatten hos
Ryaverket, Käppalaverket
och Sjölundaverket.

4.12 Bidrag från dagvatten

Ingen provtagning har skett för att ta reda på hur stor andel av mikroplasterna som kommer från dagvatten och ingen provtagning har heller skett historiskt på dagvatten i upptagningsområdet, men en uppskattning görs utifrån resultat från studier i andra städer och områden. Med dagvatten menas det vatten som härrör från hårdgjorda ytor så som parkeringsplatser, vägar och tak. Uppskattningsvis är det ungefär 1 % av totalt inkommande vatten till Käppalaverket som består av dagvatten från hårdgjorda ytor. Resterande dagvatten som når spillvattennätet kommer från infiltration genom marken, men detta bedöms inte bidra med någon signifikant mängd mikroplast.

I en studie gjord i Danmark, genomfördes analys av dagvatten från dammar i tre bostadsområden, två industriområden, ett kommersiellt område samt från en motorväg i Nordjylland (Liu, et al., 2019). I bostadsområdena varierade mikroplasthalten mellan 0,128–0,231 µg/l, i industriområdena mellan 0,521–0,664 µg/l, det kommersiella området 1,143 µg/l och från motorvägen uppmättes 0,085 µg/l.

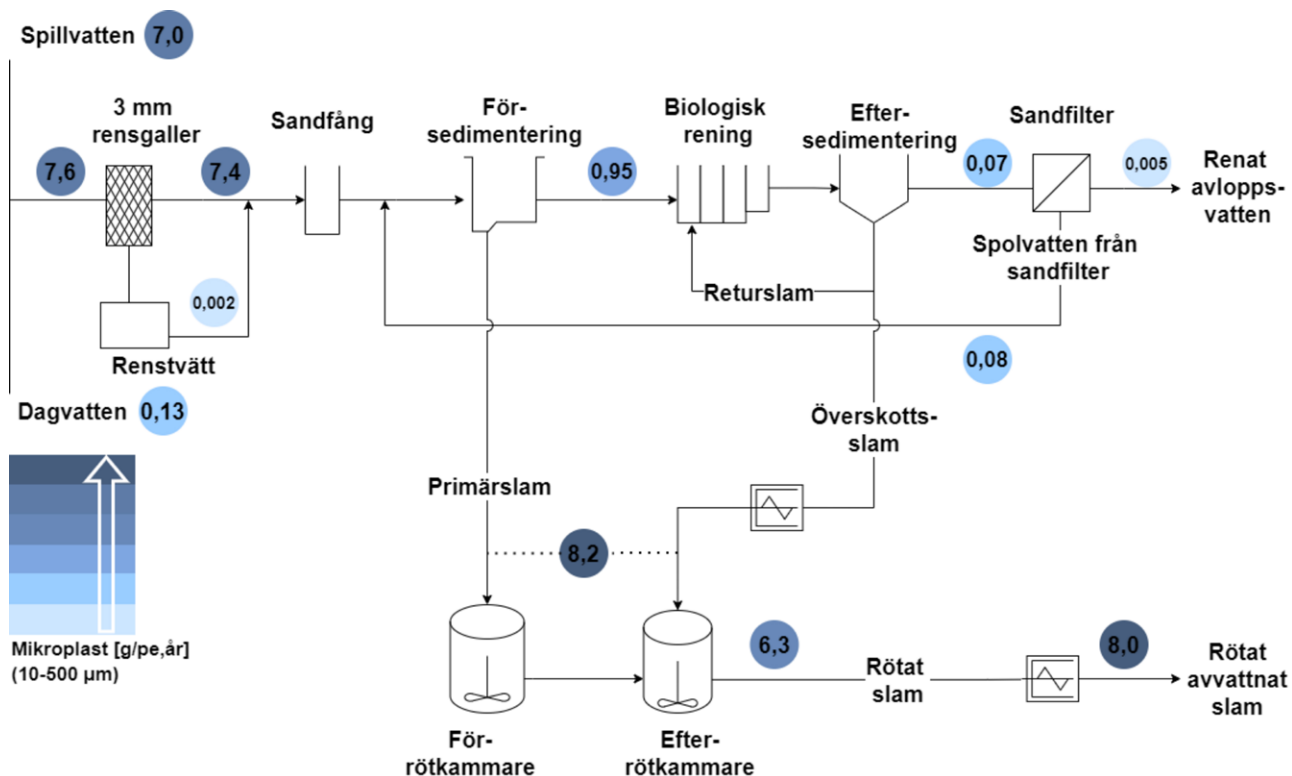
Även i Lidköping har analyser av olika dagvattenströmmar genomförts (Jordnära miljökonsult AB, 2020). I provtagningspunkter med dagvatten från områden med industrier, handel och bostäder varierade halterna mikroplaster mellan att inte kunna detekteras i några av proverna upp till 28 µg/l. Detta inkluderar gummipartiklar, vilka står för mellan 64–86 % av massan. Ett utstickande resultat var dagvatten från ett värmeverk där mikroplasthalten var över 2 000 µg/l.

IVL utredde 2018 mikroplaster i Stockholm stad där även mikroplaster i dagvatten uppskattades (Ejhed, et al., 2018). Baserat på flöde, partikelantal per liter och schabloner uppskattades mängden mikroplaster i dagvatten ligga mellan 1,9–4,8 ton per år. Detta ger då mikroplastkoncentrationer om 56–140 µg/l.

I studierna som nämns ovan varierar halterna av mikroplaster, men används halterna tillsammans med mängden dagvatten från hårdgjorda ytor som inkommer till Käppalaverket så varierar mängden per pe och år 0,002–0,13 g och massflödet per dygn 0,0002–0,21 kg, där det extrema resultatet från värmeverket i Lidköping har bortsetts ifrån.

4.13 Massbalans Käppalaverket

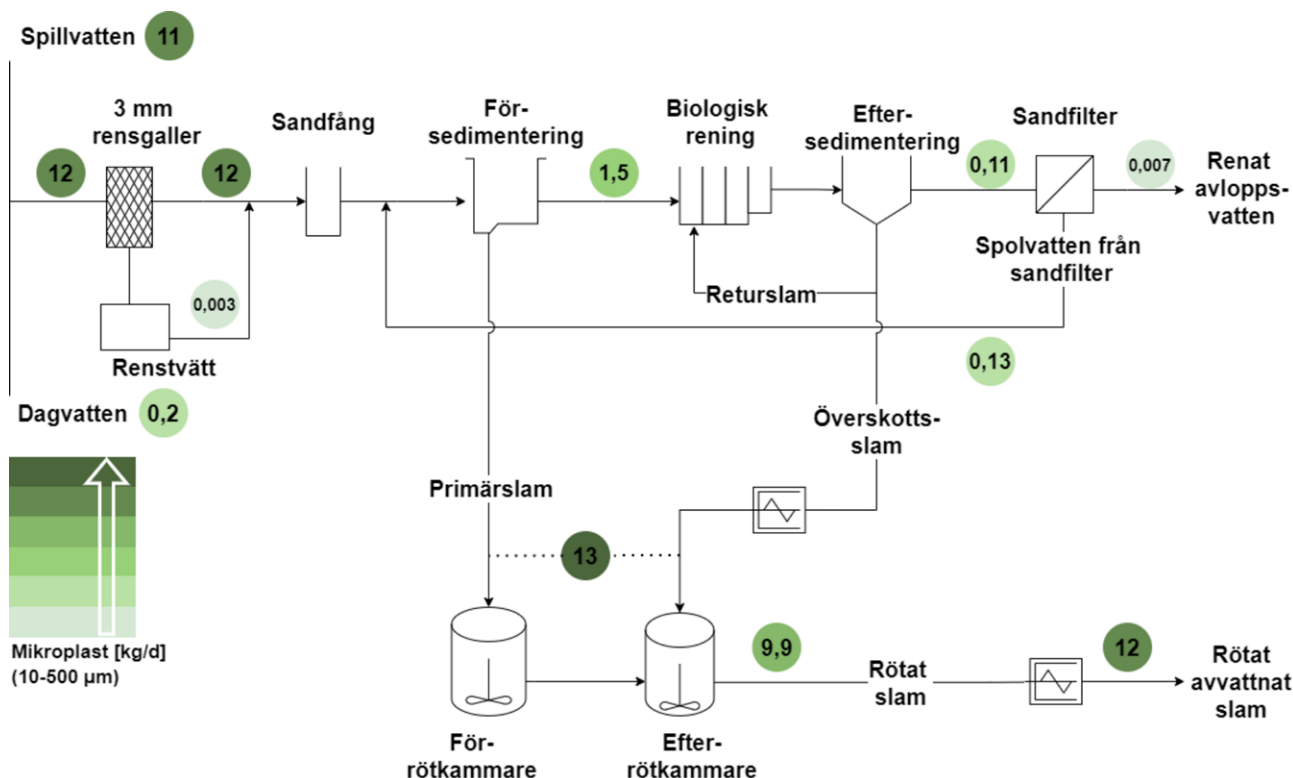
Massbalansen som tagits fram presenteras på två sätt, men endast för storleksintervallet 10–500 µm på grund av osäkra resultat för partiklar i storleksintervallet 500–5000 µm. Dessutom saknas resultat för högre storleksintervallet på provpunkterna från förra projektet. I figur 4.13 visas massbalansen i g mikroplast per pe och år. För dagvatten har det högsta uppskattade värdet använts som ett värsta scenario.



I figur 4.14 visas massbalansen i kg mikroplast per dygn som passerar igenom Käppalaverket.

Figur 4.13

Övergripande massbalans av mikroplaster (10–500 µm) på Käppalaverket i enheten g/pe och år.



Spillvatten inkluderar vatten från hushåll, verksamheter och industri, men är beräknat baserat på halten från hushållspillvattenprovtagningen i Skarpnäck. Avloppsvatten från verksamheter och industri har därmed antagits innehålla lika mycket mikroplaster som hushållspillvatten.

Inkommande provtagningspunkt efter rengaller i det här projektet motsvarar Käppalaverkets ordinarie inkommande provtagningspunkt och används tillsammans med utgående provtagningspunkt för att beräkna reduktionen av näringsämnen och metaller. Beräknat på samma sätt blir reduktionen av mikroplast 99,9 %, vilket tyder på att i stort sett all mikroplast hamnar i slammet. Enligt resultaten avskiljs endast en liten del mikroplastpartiklar över rengallren och mängden som tillförs igen efter renstvätt är försumbar. Ett av målen var att beräkna hur mycket som avskiljs med rensat på Käppalaverket och jämföra med hur mycket mikroplast Ryaverkets rens innehöll. Utifrån massbalansen ovan avskiljs endast 0,2 g/pe och år eller 0,33 kg/dygn med rensat, vilket endast är ca 3 % avskiljning, men som tidigare nämnts är resultaten innan galler mycket osäkra.

Precis som i andra studier visar resultaten att över 80 % av mikroplasterna avskiljs redan vid försedimenteringen. Avskiljningen över aktivslamsteget är cirka 90 %. Under rötningsprocessen har det skett en reduktion av mikroplaster på strax över 20 %.

Tabell 4.20 nedan presenterar avskiljningen av mikroplast över Ryaverket, Käppalaverket och Sjölundaverket. Viktigt att ta i beaktning vid denna jämförelse är att många av resultaten är osäkra och det finns en stor mätosäkerhet i analyserna, vilket beskrivs mer i diskussionen. Dessutom är de jämförda resultaten från olika år.

Figur 4.14

Övergripande massbalans av mikroplaster (10–500 µm) på Käppalaverket i enheten kg/dygn.

Tabell 4.20

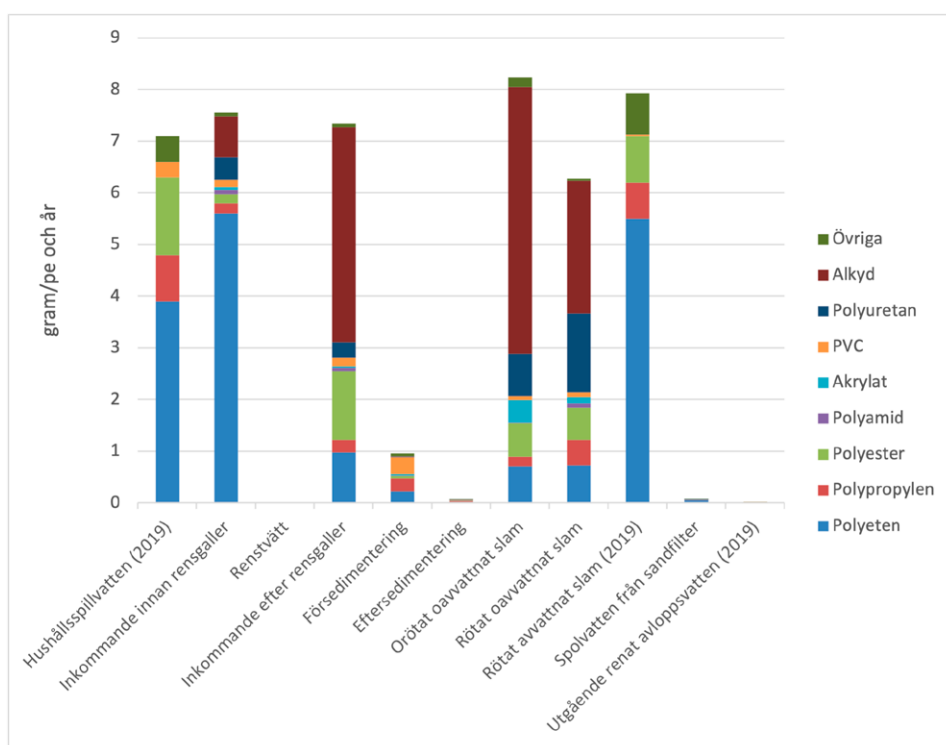
Reduktion av mikroplastmängden i storleksintervallet 10–500 µm över olika delar i avloppsreningsverket.

	Reduktion från inkommande till utgående vatten [%]	Andel av inkommande efter galler återfunnen i avvattnat slam [%]	Reduktion över finrengaller [%]	Reduktion under rötningen [%]
Ryaverket	99*	68	28	35
Käppalaverket	100	>100	3	23
Sjölundaverket	99	37	-	-

*Efter grovgaller men innan finrengaller.

Utgående mängd mikroplast i det rötade avvattnade slammet är i massbalansen högre än inkommande mängd mikroplast som uppmättes efter rens-galler. Resultaten från det avvattnade rötade slammet är från förra projektet. Om resultatet för rötat slam innan avvattning används i stället, eftersom provtagningarna är gjorda under samma period, skulle återfunnen mikroplastmängd i slammet vara 83%, vilket är mer i enighet med Ryaverket och tidigare studier om reduktion över rötningssteget (Chand, et al., 2021).

I figur 4.15 presenteras polymerfördelningen i samtliga provtagningspunkter på Käppalaverket. Notera att resultaten för hushållsspillvatten, rötat avvattnat slam samt för utgående renat avloppsvatten är från år 2019. Fördelningen i inkommande avloppsvatten innan rens-galler skiljer sig väsentligt från resultaten efter rens-galler. Polymerfördelningen innan och efter rötning liknar varandra och stämmer även överens med resultaten efter rens-gallret. Här tydliggörs ytterligare att alkyl står för en betydande andel av de mikroplaster som inkommit till Käppalaverket samt halveras över rötningssteget.

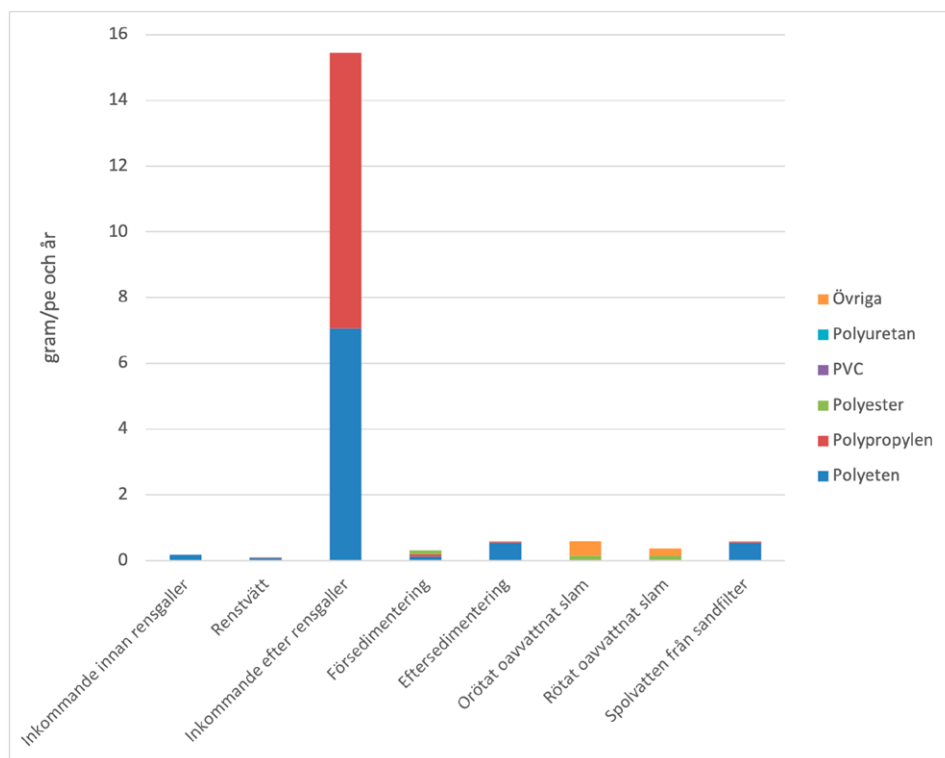


Figur 4.15

Jämförelse av polymerfördelningen i de olika provtagningspunkterna hos Käppalaverket. Resultaten för rötat och avvattnat slam samt utgående renat avloppsvatten kommer från föregående projekt. Se kapitel 4.3, 4.6, 4.7 och 4.11 för högre upplösning av de små flödena och mängderna.

500–5000 µm

Figur 4.16 illustrerar hur polymerfördelningen ser ut över olika delar på Käppalaverket. Det var endast i inkommande avloppsvatten efter rens-galler som en större mängd mikroplastpartiklar i storleksintervallet 500–5000 µm identifierades. De vanligaste polymererna har varit polyeten, polypropylen och polyester. Analys av större mikroplastpartiklar har endast genomförts för provtagningspunkter från det här projektet.



Figur 4.16

Jämförelse av polymerfördelningen av partiklar i storleksintervallet 500–5000 µm i de olika provtagningsspunkterna hos Käppalaverket.

4.14 Däckpartiklar

I tabell 4.21 presenteras resultat för däckpartiklar i avloppsvattenströmmar från hushållspillvatten i Skarpnäck, Käppalaverket och Sjölundaverket.

Tabell 4.21

Resultat för däckpartiklar i avloppsvattenströmmar från hushållspillvatten, Käppalaverket och Sjölundaverket.

	Däckpartiklar [µg/l]	Däckpartiklar [g/pe, år]	Mikroplast [µg/l]	Mikroplast [g/pe, år]
Hushållspillvatten Skarpnäck	1,1	0,07	110	7,0
Inkommande innan galler Käppalaverket	330	28	83	7,6
Inkommande efter galler Käppalaverket	350	30	81	7,4
Inkommande efter galler till Sjölundaverket	12	1,3	180	19
Renstvättvatten Käppalaverket	7 500	0,013	1 500	0,002
Utgående vatten Sjölundaverket	0,023	0,002	1,4	0,14

Resultaten för Käppalaverkets inkommande vatten ligger många gånger högre än det för Sjölundaverket, 30 jämfört med 1,3 g per pe och år. Även jämfört med halterna och mängderna mikroplaster är resultaten för däckpartiklar markant högre hos Käppalaverket. Hos Sjölundaverket är förhållandet mellan däckpartiklar och mikroplaster i stället det omvända där mängden däckpartiklar var cirka en tiondel av mängden mikroplaster. Hos Käppalaverket uppmättes en något högre mängd däckpartiklar i inkommande efter rengaller än innan. Endast en liten andel däckpartiklar återfanns i det rötade och avvattade slammet, vilket redovisas i tabell 4.22 där mängden var 0,16 g per pe och år. Detta resultat ligger närmre resultatet för Sjölundaverket som uppmätte 0,05 g per pe och år.

Det är dock värt att notera att Käppalaverkets resultat för rötat och avvattnat slam är från föregående projekt och analysmetoden för däckpartiklar har utvecklats sedan dess.

	Däckpartiklar [mg/kg TS]	Däckpartiklar [g/pe, år]	Mikroplast [mg/kg TS]	Mikroplast [g/pe, år]
Sjölundaverket	3,1	0,05	420	7,1
Käppalaverket	10	0,16	510	8,0

Tabell 4.22

Resultat för däckpartiklar i rötat och avvattnat slam från Käppalaverket och Sjölundaverket.

5 Diskussion

I det här avsnittet diskuteras resultaten i de olika delarna av Käppalaverket, vilka felkällor som finns samt framtida studier.

Metoderna som används för att analysera proverna är båda validerade, men det finns fortfarande ingen standardiserad metod för mikroplastanalyser och osäkerheten kring resultaten är fortfarande stor. Den totala mätosäkerheten uppskattas till $\pm 30\%$. Det är mycket svårt att uppskatta mätosäkerheten bland annat på grund av att plast inte är en enskild avgränsad substans. Det är viktigt att ha detta i åtanke vid behandling av resultat och slutsatser.

I rapporten används begrepp som avskiljning, nedbrytning och reduktion av mikroplast. Vad som egentligen händer med mikroplastpartiklar genom de olika stegen i reningsverket är fortfarande oklart. Mikroplasten avskiljs från vattnet genom att det hamnar i slammet i stället. Reduktionen som sker i rötammarna kan vara både kemisk och mekanisk nedbrytning. Det vill säga att mikroplastpartiklarna faktiskt bryts ner till så små beståndsdelar att de inte längre är klassade som en plastpartikel eller att de fragmenteras. Fragmentering innebär att plastpartiklarna helt enkelt bryts ner till mindre plastpartiklar och hamnar under analysens detektionsgräns på $10\text{ }\mu\text{m}$ och då inte detekteras.

5.1 Inkommande vatten och renstvätt

Massbalansen kring inkommande vatten och renshanteringen går inte ihop med tidigare studier. Mängden mikroplast i inkommande vatten innan rengallret var lägre än mängden uppmätt efter gallret i två av tre provtagningsresultat där det tredje i stället var mycket högre. Samtidigt skiljde sig polymerfördelningen åt innan och efter rengallret. Detta indikerar att provtagningen inte varit representativ. Det kan bero på att mikroplastpartiklarna satt tillsammans med rensset och inte rör sig lika fritt i vattnet som efter rengallret. Provtagningspunkten som valdes är placerad direkt efter samtliga inloppspumpar där vattnet har ett högt flöde. Den här provtagningspunkten valdes för att säkerställa god omrörning och homogent prov. Troligtvis är det för strömt här för den automatiska provtagaren att ta ett representativt prov. Om mikroplastpartiklarna sitter ihop med rensset fångas dessa inte i provtagaren. Valet att genomföra provtagning innan rengallret i stället för att provta själva rensset gjordes utifrån att det är svårt att ta prover på rensset på grund av dess heterogena natur.

Även om resultaten för inkommande avloppsvatten innan rens-galler är mycket osäkra så är mängden mikroplast som uppmäts i hushållspillvatten och som uppskattats i dagvatten tillsammans $7,1\text{ g per pe}$, vilket är i samma storleksordning som innan rengallret där medelvärdet var $7,6\text{ g per pe och år}$. Resultaten för inkommande vatten efter rengallret var som medel $7,4\text{ g per pe och år}$, vilket tyder på att det i princip inte sker någon avskiljning av mikroplaster alls med rensset som samlats upp i gallret. Samtidigt förekom det höga koncentrationer av mikroplast i vattnet från renstvättarna vilket talar emot detta. Resultaten skiljer sig från föregående projekt där nästan 30% av inkommande mikroplaster till Ryaverket avskildes med rensset. Ryaverket har ett finrensgaller som är 1 mm mindre än hos Käppalaverket, 2 mm jämfört med 3 mm , men att skillnaden skulle så stor mellan verken ses som orimligt. Det ska även tilläggas att provtagningen på hushållspillvatten genomfördes år 2019 vilket kan ha en påverkan på både polymerfördelning och mängder.

När det kommer till uppskattningen av mikroplaster i dagvatten så ska den ses som grov. De få studier som finns visar dock att det är relativt låga halter som uppmäts

och uppskattats och eftersom det är en liten andel av totalt inkommande vatten till Käppalaverket som består av dagvatten så blir även bidraget från dagvatten litet.

Slutligen genomfördes även provtagning av vattnet från renstvättarna som förs tillbaka till reningsverket efter rens gallret. Resultaten visade på mycket högt partikelantal och höga koncentrationer i samtliga veckoprover, men eftersom det inte är en stor andel vatten som används för att tvätta rensat så är mängden som förs tillbaka till reningsverket försumbar och inga åtgärder behöver ses över för hanteringen av renstvättvattnet. Som nämntes tidigare visar dessa resultat att det är mikroplastpartiklar som avskiljs med rensat, men i vilken omfattning går inte att säga.

En intressant upptäckt som gjordes på Käppalaverket var att drygt hälften av mikroplasterna i inkommande vatten efter galler bestod av alkyd som är ett bindemedel i alkydfärg. De resultaten skiljer sig markant från både Ryaverket och Sjölundaverket där endast en liten andel uppmättes, 0,04 respektive 1,4 %. Det spekuleras kring om detta är en effekt av coronapandemin som pågått under tiden för det här projektet där det skett en ökning av bostadsförsäljningar, vilket i sin tur lett till en ökning av renoveringar och därmed ökad användning och felaktig hantering av målarfärger. Det finns färgtillverkare i upptagningsområden men dessa bör inte släppa ut färgrester till spillvattnet utan någon form av rening. Insatser uppströms ska i vilket fall som helst tillämpas.

5.2 Inom Käppalaverket

För att se hur mikroplastpartiklarna tedde sig innan och efter aktivslamprocessen genomfördes provtagning efter försedimenteringen och slutet av eftersedimenteringen. Resultaten visade att majoriteten av mikroplasterna hamnar i primärslammet och endast en liten del i överskottsslammet från aktivslamprocessen. Dessa data är särskilt av intresse då Käppalaverket i framtiden kommer att införa MBBR med plastbärare i de biologiska reningsstegen som tillhör den nya delen av verket som med tiden potentiellt slits och bidrar med mikroplaster som en intern källa.

Mängden uppmätta mikroplaster i det orötade slammet är något högre än för inkommande vatten, men det skulle kunna förklaras av större partiklar fragmenterats då det förekom en stor mängd plastpartiklar i storleksintervallet 500–5000 µm i inkommande vatten som sedan inte återfunnits i senare steg. En annan aspekt är mätosäkerheten.

Det sker en minskning av massan mikroplaster i proverna innan och efter rötning. Detta kan bero på nedbrytning eller fragmentering och att partiklarna blivit så små att de hamnat under detektionsgränsen på 10 µm samtidigt som stora plastpartiklar har minskat i storlek så att de hamnar i intervallet för att klassas som mikroplaster. Detta skulle kunna vara en förklaring till varför exempelvis mängden polypropylen och polyuretan ökat efter rötningen. Alkyd som var den vanligast förekommande polymeren även i det orötade slammet halverades mångmåttigt under rötningens gång. Resultaten för alkyd i rötat och avvattat slam från föregående projekt låg under 1 % av innehållet, vilket ytterligare styrker tesen att det kan röra sig om en effekt av coronapandemin.

Mikroplasmängden ser ut att öka igen efter avvattningen, likt resultaten hos Ryaverket, och att det ser ut så kan förklaras av att det rötade slammet går igenom en kvarn innan slamavvattningen där större plastpartiklar kan fragmenteras till mikroplaster. Detta medför att massbalansen av in- och utflöden inte går ihop och utflödet är större. Värt att notera här är dock att resultaten för rötat och avvattat slam kommer från år 2019 och provtagningsomgången i SVU-rapport 2020–8, vilket gör sig märkbart när det kommer till polymerfördelningen. För det rötade och avvattade slammet bestod en majoritet av mikroplasmängden av polyeten i stället för alkyd.

Eftersom Käppalaverket i föregående projekt hade mycket lägre halter och mängder av mikroplaster i utgående renat avloppsvatten, se tabell 4.19, genomfördes provtagning av spolvattnet från sandfiltren. Filtrering genom sandfiltren är sista reningssteget innan

vattnet når recipienten. Detta för att undersöka om sandfilter är effektivt för att avskilja mikroplaster jämfört med skivfilter som används på exempelvis Ryaverket. Resultaten visade att spolvattnet innehåller något mer mikroplaster än vad som finns i vattnet in till filtren och massbalansen går inte ihop. Skillnaden i partikelantal och halt mellan dessa två provpunkter är marginell och därmed inom ramen för mätosäkerheten. Med resultat från efter aktivslam och utgående vatten från förra projektet blir reduktionen över sandfiltren 94 %. Försiktigt går det att dra slutsatsen att avskiljningen över sandfiltren är mellan 94–100 %.

Redan innan sandfiltren har dock 99 % av inkommande mikroplaster reducerats och är lägre än utgående halter på Ryaverket och Sjölundaverket. Det går därför inte att säga att sandfiltren är den bidragande orsaken till den låga halten mikroplaster i Käppalaverkets utgående vatten. Däremot kan det konstateras att den låga halten i utgående vatten beror på god avskiljning från vatten till slam både vid för- och eftersedimenteringsbassängerna.

5.3 Mikroplastpartiklar i storleksintervall 500–5000 µm

Få mikroplastpartiklar i storleksintervallet 500–5000 µm hittades totalt sett. Endast en liten mängd upptäcktes i avloppsvatten innan rensgaller medan en stor mängd hittades i avloppsvattnet efter rensgallret, 0,18 respektive 15 g/pe och år. Detta spår på osäkerheten i resultaten för provtagningspunkten innan rensgaller.

Käppalaverkets galler har en spaltvidd på 3 mm men uppskattas släppa igenom en hel del rens och partiklar större än 3 mm ändå eftersom rens återfinns nerströms i processen. På gallren finns en så kallad rensmatta. Det finns risk att mikroplastpartiklar både i det högre och lägre storleksintervallet tvättas ur, det vill säga frångiljs rensen och endast detekteras efter galler.

Vatten från renstvättarna innehöll extremt mycket mikroplast per liter i det högre storleksintervallet, nästan 30 gånger mer än det lägre storleksintervallet. På grund av det låga vattenflödet från renstvättarna blir resultaten i g per pe och år samt kg per dygn försumbara i förhållande till övriga provpunkter. Därför syns inte denna effekt i massbalansen. Bidraget mikroplastpartiklar i storleksintervallet 500–5000 µm från renstvättarna låg endast på 0,08 g/pe och år, vilket är 0,5 % av mängden stora partiklar som uppmättes i inkommande efter galler.

Den stora mängden större mikroplastpartiklar som fanns efter rensgallret identifierades inte i någon av de andra delarna av reningsverket. Utifrån resultaten för storleksintervallet 10–500 µm borde dessa synas i slammet både innan och efter rötning. En förklaring till detta är att det rör sig om väldigt få partiklar, mellan 0,11 och 12 partiklar per liter, med varierande vikt som vid uppskalning kan ge stora skillnader beroende på vad provtagaren har lyckats fånga upp. Därför skiljer det sig även vilken sorts polymer som varit mest framträdande i de olika punkterna. En annan möjlig förklaring är att de stora partiklarna har så pass hög densitet att de avskiljs i sandfånet som finns innan försedimenteringen.

5.4 Däckpartiklar

Resultaten från däckpartikelanalyserna för Käppalaverket skiljer sig signifikant från Sjölundaverket på inkommande vatten. Det är osäkert varför det är en så hög koncentration in till Käppalaverket. Däckpartiklar bör främst komma från dagvatten, men andelen dagvatten från hårdgjorda ytor som inkommer till Käppalaverket är mycket liten, 1%. Det finns ett fåtal däcktvättar i Käppalaförbundets upptagningsområde men det är osannolikt att dessa skulle bidra med däckpartiklar på ett sätt som skiljer så mycket från andra

resultat. Ett annat bidrag till osäkerheten är att endast en liten andel återfanns i rötat avvattnat slam, ca 20% av inkommande. Gummipartiklarna är tunga så det är möjligt att partiklar som går igenom rens gallret hamnar i sandfånget. Det finns inga resultat för utgående vatten för däckpartiklar men att en stor mängd skulle följa med den strömmen anses också orimligt då mikroplastmängden är så låg.

Resultaten får bedömas som osäkra trots att analysen har utvecklats det senaste året, från att under förra projektet ha varit under utveckling till att nu bedömas vara verifierad. Med tanke på denna utveckling borde resultaten vara säkrare än under förra projektet. Det talar dock emot teorin om att Käppalaverket bör ha låg halt däckpartiklar eftersom endast 1 % av Käppalaverkets inkommande vatten består av dagvatten. En tänkbar anledning till att resultatet däckpartiklar är mer än dubbelt så stort som mikroplaster 30 respektive 7,4 g/pe och är att däckpartiklarna kan härröra från något annat än vägtrafik så som konstgräsplaner och däcktvättar eller att analyserna inte varit felfria.

5.5 Felkällor

I bilagorna finns provtagningspunkter och datum för provtagning. Innan och efter galler samt innan och efter aktivslamprocessen provtogs med automatiska provtagare för att få ett flödesproportionellt veckoprov. På grund av olika orsaker som kraftig nederbörd och felinställda parametrar i provtagaren saknas prov för vissa dagar i veckoproven. Detta bör dock inte ha så stor påverkan då samtliga veckoprov blev minst fyra dagar och flödesproportionellt blandade.

Mätosäkerhet i analyser i kombination med stor uppskalning av veckovisa och stickprovsresultat är troligen en större felkälla. Slamproverna i det här projektet togs som två stickprov under provtagningsveckan och blandades sedan proportionellt. Dessa två prov fick sedan representera halten i hela veckans flöde. Medelvärde av projektets tre provtagningsveckor har sedan skalats upp och fått representera hela året, vilket blir ett grovt uppskattat resultat.

Som tidigare diskuterats ses inkommande provpunkt innan galler som en stor felkälla. Det är svårt att få ett representativt prov på ett flöde som inte är homogent. Flödet är troligtvis för högt och om mikroplasterna sitter på rensat fångas de inte upp av provtagaren.

Att resultaten från Skarpnäck tagna 2019 har fått representera hela Käppalaverkets upptagningsområde är ännu en felkälla. Området i Skarpnäck är utvalt för att representera spillvatten från hushåll. Inga prover på ledningsnätet från ett område med industri och större verksamheter är representerat.

Slutligen är en annan felkälla i det här projektet tidsskillnaden mellan resultaten från SVU-rapport 2020–8 och de nya provtagningsstillfällena för detta projekt.

5.6 Framtida arbete

För att ännu bättre klargöra avloppsreningsverkens påverkan på mikroplaster bör fler provtagningspunkter samt tidpunkter adderas i liknande projekt i framtiden. För en rättvis bedömning bör samtliga prover till en massbalans tas vid samma tidpunkt. En förhoppning om att analys av mikroplaster standardiseras, blir mer vanlig och går att utföra till ett lägre pris gör att mikroplast skulle kunna följas upp mer frekvent. Eventuellt skulle det vara bra att göra en provtagningskampanj en gång per år där samtliga provpunkter på Käppalaverket från det här och föregående projekt analyseras för att se trender. Kanske vid olika tidpunkter på året för att se årsvariation.

Utöver redan analyserade provpunkter skulle följande vara potentiella:

- Innan och efter biologiska reningen när MBBR etableras på Käppalaverket. Bärarmaterialet är gjort i plast och skulle med tiden eventuellt kunna bidra med mikroplaster senare i processen på grund av nötning.
- Spillvatten i Käppalaverkets upptagningsområde som både representerar hushåll, verksamheter och industrier i upptagningsområdet.
- Renset, för att göra ett nytt försök att mäta mängden mikroplast som avskiljs med rens gallret och jämföra med Ryaverkets resultat.

Käppalaverket har funderingar på att installera automatiska provtagare för avvattnat slam. Med dessa kan det i framtiden bli möjligt att få ett flödesproportionellt veckoprov att analysera, vilket bättre skulle representera det avvattnade slammet än stickprov. För de provpunkter där det inte är möjligt att ta prov kontinuerligt med provtagare bör längre provtagningsperioder tillämpas.

Det vore dessutom bra att genomföra provtagning under en period med kraftigt regn för att undersöka tillskottsvattnets påverkan. De dagvattenprojekt som pågår ska följas för att se om det skiljer sig från de uppskattningar som gjorts.

Eftersom det i dagsläget är kostsamt att genomföra mikroplastanalyser är det troligt att vissa prioriteringar kommer behöva göras bland provtagningspunkter i framtida studier. Att följa mängden mikroplast som återfinns i rötat och avvattnat slam bör prioriteras eftersom det sprids på åkermark. Även att få fler resultat på vattnet från den biologiska reningen redan innan MBBR är implementerat bör prioriteras.

Uppströmsinsatser behöver genomföras för att minska mängden alkyd som inkommer. Utöver informationskampanjer riktade till hushåll, om hur färgrester ska tas om hand för att minimera att det hamnar i avloppet, bör Käppalaförbundet se över de industrier som har färgtillverkning huruvida processavloppsvatten innehållande färg släpps.

Käppalaverket ska fortsätta bidra till att få fram en standardiserad analysmetod och sprida kunskap om mikroplaster genom att bland annat delta i projekt, referensgrupper och konferenser.

6 Slutsatser

Massbalansen över Käppalaverket går inte helt ihop då utgående strömmar visar på större mikroplasmängd än vad som kommer in till reningsverket. Om hänsyn tas till de stora mätosäkerheter som finns för provtagning, analys, flödesvariationer och tidsintervall går det ändå att få ihop massbalansen på ett ungefär. Käppalaverket visar på stor avskiljning av mikroplastpartiklar i storleksintervallet 10–500 µm med mer än 99 %. Bidraget till recipient uppskattas till endast cirka 2,5 kg mikroplast per år eller 0,005 gram per pe och år.

Redan innan sandfiltren är halten mikroplast lägre än för jämförda reningsverk. Det kan konstateras att Käppalaverket har god avskiljning från vatten till slam i sedimenteringsbassängerna. Dessutom avskiljs den lilla mängd mikroplast som är kvar med 94–100 % av sandfiltren.

På grund av de osäkerheter som finns kring resultaten innan galler går det inte att dra några slutsatser kring avskiljningen som sker med rensat, men det här projektet visar att nästan all mikroplast som passerat rengallren återfinns i slammet och därmed sprids på åkermark. Den här slutsatsen bygger på en blandning av nya och äldre resultat där nya resultat används för inkommande mängder medan äldre resultat används för utgående vatten och rötat avvattnat slam. Sett till resultaten för rötat oavvattnat slam från det här projektet blir resultatet i stället att cirka 80 % av mängden mikroplast, eller 6,3 gram per pe och år, hamnar i slammet, vilket är närmre resultat från tidigare studier. Värt att tillägga vid denna slutsats är att flera studier pekar på att slam som sprids på åkermark inte är den främsta källan till spridning av mikroplaster till jordbruksmiljö, utan att hänsyn även ska tas till luftburna partiklar (Tumlin & Bertholds, 2020).

Det går inte med säkerhet att säga om mikroplastpartiklarnas nedbrytning i rötkammarna beror på att plasten brutits ner totalt eller om plastpartiklarna fragmenterats till mindre partiklar under 10 µm som inte kan detekteras.

En samlad bedömning utifrån tidigare studier på dagvatten indikerar att mängderna av mikroplast till Käppalaverket från dagvatten inte är så stor. Endast 0,002–0,13 g per pe och år eller 0,0002–0,21 kg per dygn antas härröra från dagvatten. I värsta fall är det ca 2 % av inkommande vatten. Trots det blev resultaten på däckpartikelanalyserna för inkommande vatten högre än förväntat, 30 jämfört med 1,3 g per pe och år som uppmätts hos Sjölundaverket. Det är även mer än 3 gånger så mycket mikroplast i storleksintervallet 10–500 µm. Det är oklart varför så mycket däckpartiklar finns i inkommande vatten och frågan kvarstår vad det kan bero på.

Vid provpunkten innan galler är flödet troligtvis för högt och mikroplasterna som sitter på rensat fångas inte upp av provtagaren. Heterogent avloppsvatten som inte passerat galler är svårt att provta representativt. Därför har resultaten från provtagningspunkten efter galler använts som utgångspunkt i flera av jämförelserna som gjorts med andra delar av verket.

Alkyd är den vanligaste polymeren i inkommande vatten samt i slammet innan och efter rötning på Käppalaverket, något som inte stack ut i resultaten för avvattnat slam i föregående projekt. Alkyd avskiljs till nästan 100 % vid försedimenteringen och under rötningen halverades mängden. Proverna på inkommande vatten togs kvartal 4 år 2020 och proverna på slammet togs under kvartal 1 år 2021, vilka varit under pågående coronapandemi. Framtida studier får avgöra huruvida detta varit en direkt effekt av pandemin eller inte.

Referenser

Baresel, C. och Olshammar, M., (2019). On the Importance of Sanitary Sewer Overflow on the Total Discharge of Microplastics from Sewage Water. *Journal of Environmental Protection*, Volym 10, ss. 1105-1118.

Chand, R., Rasmussen, L. A., Tumlin, S. och Vollertsen, J., (2021). The occurrence and fate of microplastics in a mesophilic anaerobic digester receiving sewage sludge, grease, and fatty slurries. *Science of the Total Environment*, Volym 798.

Ejhed, H., Fråne, A., Wrangé, A.-L., Magnusson, K. och Olshammar, M., (2018). Mikroplast i Stockholms stad - Källor, spridningsvägar och förslag till åtgärder för att skydda Stockholms stads vattenförekomster. Rapport C334, Stockholm: IVL Svenska Miljöinstitutet.

Jordnära miljökonsult AB, (2020). Mindre mängd mikroplast till Kinnevikén - Kartläggning av flöden av mikroplast i vatten från Lidköping tätort, Lidköping: Jordnära miljökonsult AB.

Liu, F., Borg Olesen, K., Reimer Borregaard, A. och Vollersten, J., (2019). Microplastics in urban and highway stormwater retention ponds. *Science of the Total Environment*, Volym 671, ss. 992-1000.

Ljung, E., Olesen, K.B., Andersson, P.-G., Fältström, E., Vollertsen, J., Wittgren, H.B. och Hagman, M., (2018). Mikroplaster i kretsloppet. SVU-rapport 2018-13. Svenskt Vatten Utveckling.

Naturvårdsverket, (2019). Mikroplaster i miljön år 2019 - Redovisning av ett regeringsuppdrag. Ärendenr: NV-08867-17, Stockholm: Naturvårdsverket.

Tumlin, S. och Bertholds, C., (2020). Kartläggning av mikroplaster - till, inom och från avloppsreningsverk. SVU-rapport 2020-8. Svenskt Vatten Utveckling.

Bilagor

Bilaga A Information och resultat från vattenprover

I bilagan finns information om rådande flöden vid provtagningstillfället, provtagningsdatum, analysresultat för både lågt och högt storlekintervall redovisat i antal mikroplastpartiklar per liter och halten i µg per liter samt halten däckpartiklar i µg per liter.

Prov	Flöde	Enhet	Provtagningsdatum	Antal mikroplastpartiklar 10–500 µm [st/l]	Halt mikroplastpartiklar 10–500 µm [µg/l]	Antal mikroplastpartiklar 500–5000 µm [st/l]	Halt mikroplastpartiklar 500–5000 µm [µg/l]	Halt däckpartiklar 10–500 µm [µg/l]
Inkommande före galler 1	1,49	m³/s	7–13 sep 2020	150	2,64	0	0	857
Inkommande före galler 2	1,76	m³/s	19–25 okt 2020	267	37,9	0	0	73,5
Inkommande före galler 3	1,65	m³/s	16–22 nov 2020	742	209	0,33	5,88	65,9
Medel	1,63	m³/s		386	83,2	0,11	1,96	332
Standardavvikelse	0,14	m³/s		314	110	0,19	3,39	454
Inkommande efter galler 1	1,49	m³/s	7–13 sep 2020	283	42,5	0,67	317	649
Inkommande efter galler 2	1,76	m³/s	19–25 okt 2020	417	72,3	0,33	137	38,5
Inkommande efter galler 3	1,65	m³/s	16–22 nov 2020	533	129	1,00	81,7	360
Medel	1,63	m³/s		411	81	0,67	179	349
Standardavvikelse	0,14	m³/s		125	44	0,33	123	306

Prov	Flöde	Enhet	Provtagningsdatum	Antal mikroplast- partiklar 10–500 µm [st/l]	Halt mikroplast- partiklar 10–500 µm [µg/l]	Antal mikroplast- partiklar 500–5000 µm [st/l]	Halt mikroplast- partiklar 500–5000 µm [µg/l]	Halt däckpartiklar 10–500 µm [µg/l]
Vatten från renstvätt 1	2,20	m³/dygn	7–11 sep 2020	9900	1867	5	13 282	12 080
Vatten från renstvätt 2	3,64	m³/dygn	19–23 okt 2020	4150	572	19	83 872	9152
Vatten från renstvätt 3	1,89	m³/dygn	16–20 nov 2020	9150	1978	13	28 929	1120
Medel	2,58	m³/dygn		7733	1472	12,3	42 028	7451
Standardavvikelse	0,93	m³/dygn		3126	782	7,02	37 073	5675
Innan aktivslam 1	1,49	m³/s	29 jan - 3 feb 2021	111	5	0,33	1,34	
Innan aktivslam 2	1,76	m³/s	17–20 feb 2021	178	12	1,00	4,89	
Innan aktivslam 3	1,65	m³/s	9–15 mars 2021	128	11	0,33	2,94	
Medel	1,63	m³/s		139	9,55	0,56	3,06	
Standardavvikelse	0,14	m³/s		34,7	3,67	0,38	1,78	
Efter aktivslam 1	1,49	m³/s	28 jan - 3 feb 2021	11,7	0,22	0	0	
Efter aktivslam 2	1,76	m³/s	17–20 feb 2021	33,3	0,91	0	0	
Efter aktivslam 3	1,65	m³/s	9–15 mars 2021	28,3	1,00	0	0	
Medel	1,63	m³/s		24,4	0,71	0	0	
Standardavvikelse	0,14	m³/s		11,3	0,43	0	0	
Backspolvatten 1	2419	m³/dygn	28 jan - 3 feb 2021	83,3	3,69	0	0	
Backspolvatten 2	2421	m³/dygn	17–20 feb 2021	1200	135	3,0	1066	
Backspolvatten 3	1917	m³/dygn	9–15 mars 2021	631	32,0	1,5	81,1	
Medel	2252	m³/dygn		638	56,8	1,5	382	
Standardavvikelse	290	m³/dygn		558	69,0	1,5	593	

Bilaga B Information och resultat från slamprover

I bilagan finns information om rådande flöden vid provtagningstillfället, TS- och VS-halt, provtagningsdatum samt analysresultat för både lågt och högt storlekintervall redovisat i antal mikroplastpartiklar per liter och halten i µg per liter.

Prov	Flöde [m³/dygn]	TS-halt [%]	VS-halt [%]	Provtagnings- datum	Antal mikroplast- partiklar 10–500 µm [st/g TS]	Halt mikroplast- partiklar 10–500 µm [mg/kg TS]	Halt mikroplast- partiklar 10–500 µm [mg/kg VS]	Antal mikroplast- partiklar 500–5000 [st/g TS]	Halt mikroplast- partiklar 500–5000 [mg/kg TS]	Halt mikroplast- partiklar 500–5000 [mg/kg VS]
Innan rötning 1	881	5,86	81,7	1+3 feb 2021	2407	130	160	0	0	0
Innan rötning 2	984	5,22	83,4	17+19 feb 2021	2449	296	355	0,57	19,4	23,2
Innan rötning 3	930	5,53	82,2	9+11 mars 2021	1601	333	405	0,89	34,0	41,4
Medel	932	5,54	82,4		2152	253	307	0,49	17,8	21,5
Standard- avvikelse	51,5	0,32	0,87		477	108	130	0,45	17,1	20,8
Efter rötning 1	873	3,0	66,0	17+19 feb 2021	2794	243	368	0,50	5,55	8,41
Efter rötning 2	824	2,8	66,0	9+11 mars 2021	4438	309	468	1,77	64,4	97,6
Efter rötning 3	851	2,9	66,0	1+5 april 2021	5216	660	1001	0,86	4,32	6,55
Medel	849	2,9	66,0		4149	404	612	1,04	24,8	37,5
Standard- avvikelse	24,5	0,1	0,00		1236	225	340	0,66	34,3	52,0

Bilaga C Plastpartikelmassa i procent

I bilagan finns information om andelen polymertyp för varje provpunkt. Resultaten är ett medelvärde av tre prover. EI=ej identifierat

Polymer	Inkommande före galler [%]	Inkommande efter galler [%]	Vatten från renstvätt [%]	Innan aktivslam [%]	Efter aktivslam [%]	Backspol-vatten [%]	Innan rötning [%]	Efter rötning [%]
pe	75	34	89	29	20	88	8,3	11
pp	2,6	40	6,1	26	27	7,0	2,2	7,7
polyester	2,1	5,8	0,05	11	18	0,5	9,0	11
pa	1,1	0,3	0,001	1,0	10	0,1	0,1	1,3
acrylic	0,7	0,1	0,01	1,8	1,8	0,3	4,8	1,7
pvc	1,8	0,8	0,05	26	6,8	0,3	1,0	1,5
pvac	0,1	0,004	0,002	0,02	EI	0,3	0,1	0,2
pu	5,7	1,2	0,34	1,2	1,1	0,3	9,5	23
ps	0,1	0,04	2,6	3,8	5,9	0,1	0,3	0,1
abs	EI	EI	EI	EI	EI	0,06	0,5	EI
cellulose_acetate	0,21	0,04	0,48	0,11	EI	EI	0,06	0,18
aramid	EI	EI	EI	EI	EI	EI	EI	EI
alkyd	10	17	0,81	0,11	EI	1,7	61	39
pan_acrylic_fibre	0,42	EI	0,00016	0,01	EI	0,01	0,65	0,04
epoxy	0,04	EI	EI	0,01	EI	0,01	0,29	0,03
pom	0,29	0,22	0,0002	0,42	9,0	0,05	0,17	0,2
poly(lauryl acrylate)	EI	EI	0,56	EI	EI	EI	EI	EI
vinyl copolymer	EI	EI	EI	EI	EI	EI	0,01	0,01
poly(ethyl acrylate)	EI	EI	EI	EI	EI	EI	1,9	1,8
poly butylene terephthalate	EI	EI	EI	EI	EI	1,0	EI	1,3
pva	EI	EI	EI	EI	EI	EI	EI	0,02

Svenskt Vatten

UTVECKLING

Svenskt Vatten Utveckling
Svenskt Vatten AB

POSTADRESS BOX 14057, 167 14 Bromma

BESÖKSADRESS Gustavslundsvägen 12, 167 51 Bromma

TELEFON 08-506 002 00

E-MAIL svensktvatten@svensktvatten.se

www.svensktvatten.se