



Är klotterskydd en källa till mikroplast?

- En förstudie till Åtgärd 9.3 i Stockholms stads Handlingsplan för minskad spridning av mikroplast 2020-2024

**Maja Finnveden Goodpoint 2020,
Interngranskad av Maria Danielson Goodpoint,
på uppdrag av Kemikaliecentrum, Stockholms stad**

Innehåll

Ordlista	3
Sammanfattning.....	4
Introduktion	5
Klotterskydd.....	5
Syfte.....	6
Metodik	6
Avgränsningar	6
Outforskat område	7
Innehåll i klotterskydd.....	8
Vaxdispersioner som offerskydd	8
Vaxer	8
Polymerer i offerskydd.....	9
Kislbaserade permanenta klotterskydd.....	10
Diskussion – klotterskydd som källa till mikroplast.....	10
Mikroskräp och mikroplast.....	10
Är vax mikroplast?.....	11
Generellt om mikroplast från ytbehandlingar	12
När kan klotterskydd vara en källa till mikroplast	13
Vaxbaserade klotterskydd som en källa till mikroplast	15
Permanent klotterskydd som källa till mikroplast	15
Förslag på fortsatta studier.....	16
Slutsatser	17
Referenser	19
Bilaga 1.	21

Ordlista

Nedan förklaras en del begrepp och ord som återkommer i rapporten.

Begrepp	Förklaring
CAS-nummer	Ett CAS-nummer (Chemical Abstracts Service number) är ett registreringsnummer för kemikalier. Det fungerar som ett internationellt identifieringsnummer för kemiska ämnen ¹ .
Ytbehandling	Behandling av ytan på ett material eller ett föremål av skyddande eller estetiska skäl.
Klottersanering	Avlägsnande av klotter från en yta.
Klotterskydd	Skyddar en yta från klotter genom att klottret inte fäster lika hårt på ytan, vilket minskar behovet av kemikalier vid sanering.
Offerskydd	Offerskydden tvättas bort vid sanering och tar med sig klottret.
Semipermanenta klotterskydd	Semipermanenta klotterskydd ska ha en livslängd på ungefär 10 år. Beroende på innehåll kan de tvättas mellan cirka 10–50 gånger.
Permanenta klotterskydd	Hållbara under flera rengöringscykler och ska sitta mer än 10 år.
Mikroplast	Ett samlingsnamn för små partiklar av plast. Partiklarnas storlekar är inte entydigt definierade. Även om "mikro" antyder att storleksordningen är i mikrometerskala räknas även mindre och större partiklar ibland in i denna grupp. De delas in i "primära" och "sekundära" mikroplaster. En definition enligt svenska regeringen finns i förbudet mot mikroplast i kosmetiska produkter som sköljs av, och den är "partiklar av plast i fast form som är mindre än fem millimeter i någon dimension och är olösliga i vatten" ¹ .
Primär mikroplast	Mikroplast kan skapas på två olika sätt. Om de tillsätts avsiktligt till produkter kallas de primära mikroplaster, eftersom de är mikroplaster redan när de används i produkten ¹ .
Sekundär mikroplast	Större plastbitar som bryts ned i omgångar tills de blir till mikroplaststorlek.
Polymer	Kedjeformad molekyll uppbyggd av monomerer, vilket är den typ av molekyll som bygger upp plastmaterial. Vissa polymerer är funktionella på egen hand som t.ex. tensider ¹ .

¹ Kemikalieinspektionen, (2018), *Mikroplast i kosmetiska produkter och andra kemiska produkter*. Rapport 2/18

Sammanfattning

Miljöförvaltningen i Stockholms stad har tagit fram ”Handlingsplan för minskad spridning av mikroplast 2020–2024” där en av åtgärderna som finns med är att undersöka innehållet i vaxer som används som klotterskydd (Stockholms stad, 2020). Vaxer pekades nyligen ut av Kemikalieinspektionen som en potentiell källa till mikroplast (Kemikalieinspektionen, 2018).

Vaxbaserade klotterskydd används i stora volymer av Stockholms stad för att skydda ytor så som byggnader, broar och gångtunnlar. De vaxbaserade klotterskydden är så kallade offerskydd. Vid sanering värms offerskyddet upp med varmvatten vilket gör att vaxet smälter, släpper från ytan och tar med sig graffitin. Efteråt måste ytorna vaxas på nytt. Användning av klotterskydd gör att klotter inte fäster lika hårt på ytan vilket leder till minskad miljöpåverkan, exempelvis genom att skydda den underliggande ytan och minskad användning av kemikalier vid sanering.

Detta uppdrag syftade till att utreda innehållet i vaxbaserade klotterskydd som används i Stockholms stads verksamheter och om dessa kan utgöra en källa till mikroplast. Information om innehållet i dessa produkter visade sig vara mycket begränsat till följd av sekretess från leverantörer. Därför utökades uppdraget till att undersöka vaxbaserade klotterskydd generellt. Vidare studerades även innehållet i andra typer av klotterskydd.

De vaxbaserade klotterskydden visade sig innehålla olika typer av vaxer (till exempel paraffiner, montanvax och polyetenvax). De kan vara baserade på enbart vax eller innehålla tillsatta polymerer, till exempel polymetylmetakrylat och polyuretan. Dessa polymerer är vanliga bindemedel i ytbehandlingar. När de här polymererna härdar bildar de en film på en yta som inte uppfyller definitionen av mikroplast. En del av de vaxbaserade klotterskydden innehåller konserveringsmedel. Ett verksamt ämne som identifierades i ett antal av de vaxbaserade klotterskydden är bronopol, vilket klassas som ett särskilt förorenande ämne enligt Vattendirektivet.

När klotterskydden applicerats på en yta och en film har bildats är principen för att dessa ska vara en källa till mikroplast densamma som för andra typer av ytbehandlingar (till exempel färg). Skillnaden är att ytor som utsätts för klotter saneras och ofta har jämförelsevis kortare förväntad livslängd (gäller offerskydden och en del av de semipermanenta) än andra ytbehandlingar.

Tillgänglig information om ytbehandlingar som en källa till mikroplast är begränsad och endast undersökningar som bygger på uppskattningar finns i dag tillgängliga. Att öka kunskapen inom detta område bedöms därför som viktigt.

Det är i dag inte tydligt huruvida vaxer (till exempel polyetenvax) ska klassas som mikroplast eller inte. Oavsett om vaxer definieras som mikroplaster eller inte är de i många fall långlivade föroreningar och utsläppen av dem bör begränsas.

I rapporten presenteras en övergripande kartläggning av klotterskydd och diskussion om spridning av mikroplaster från dessa. Tillräcklig vetenskaplig kunskap för att kunna dra säkra slutsatser om vilka stadier under klotterskyddens livscykel, som kan utgöra källor till mikroplaster och i vilka volymer, har inte framkommit under detta uppdrag. Den kunskap som sammanställts i denna rapport är underlag att arbeta vidare ifrån. Rapporten inkluderar en bedömning av vilka stadier i klotterskyddens livscykel som kan ses som kritiska och generella förslag på vilka steg som behöver tas för att få mer information om huruvida klotterskydden bidrar till spridning av mikroplaster eller inte.

Den största risken för att de vaxbaserade klotterskydden ska vara en källa till mikroplast bedöms vara vid sanering, då både klotterskyddet och grafitfärg släpper från väggen. Därför är det viktigt att saneringsprodukten samlas upp, så att den inte hamnar i miljön.

Introduktion

För att minska Stockholm stads påverkan på vårt vatten har staden tagit fram "Handlingsplan för minskad spridning av mikroplast 2020–2024" (Stockholms stad, 2020).

Vaxer uppmärksammades i Kemikalieinspektionens rapport "Mikroplast i kosmetiska produkter och andra kemiska produkter" som en möjlig källa till mikroplast (Kemikalieinspektionen 2018). Stockholms stad använder i dag stora volymer av vax i vaxdispersioner som används som klotterskydd. I en åtgärd i "Handlingsplan för minskad spridning av mikroplast 2020–2024" föreslås därför att innehållet i klotterskydd ska utredas.

Stockholms stad använder vaxdispersioner som klotterskydd på byggnader och så kallade konstbyggnader (broar, gångtunnlar etc.) för att förhindra att klotter fäster hårt på ytan. Klottersanering av ytor utan klotterskydd sker vanligtvis med slipande eller kemiska mekanismer. Dessa rengöringsmetoder kan orsaka allvarlig skada på ytor. Vidare kan det vara bra att undvika användning av klottersaneringsmedel eftersom de kan innehålla miljöfarliga ämnen. Svenskt Vatten har exempelvis pekat ut vissa tensider (nonjontensider som tillhör gruppen alkylfenoletoxylater) som är giftiga för vattenlevande organismer, potentiellt bioackumulerbara samt har hormonstörande effekter (Svenskt vatten 2019). De kemikalier som finns i klottersaneringsmedel riskerar att hamna i stadens sjöar, vattendrag och belasta reningsverken. För att skydda stadens ytor och minska användningen av klottersaneringsmedel ytbehandlas därför många ytor i staden med klotterskydd.

I denna rapport presenteras en förstudie dels om de rena vaxdispersionerna utgör en källa till mikroplast, dels vilka polymerer som förekommer i klotterskydd och om dessa kan vara en källa till mikroplast. Viss diskussion om andra typer av klotterskydd har också inkluderats då Stockholms stad använder olika typer av klotterskydd på olika ytor.

Klotterskydd

Klotterskydd är en typ av ytbehandling som skyddar byggnader från klotter. Det finns många utmaningar när klotterskydden ska utformas. Till exempel ska de appliceras på många olika typer av ytor, med avseende på till exempel porositet och grovhet i underlag. Vidare ska en yta behandlad med klotterskydd inte få förändrat utseende och skyddet ska kunna motstå vidhäftning av smuts. Klotterskydden ska också kunna stå emot miljöfaktorer som regn, vind och solljus. Det gör att det i dag finns många produkter tillgängliga på marknaden.

Klotterskydd kan delas in på olika sätt. Många leverantörer delar upp klotterskydden i de tre grupperna: Offerskydd, semipermanenta och permanenta (Tabell 1). Vaxbaserade klotterskydd, så kallade offerskydd, är den typ av klotterskydd som används i störst utsträckning av staden.

Tabell 1. Översikt över de vanligaste typerna av klotterskydd.

Klotterskydd	Kommentar
Offerskydd	Offerskydden tvättas bort vid sanering.
Semipermanenta	Semipermanenta klotterskydd ska ha en livslängd på ungefär 10 år. Beroende på innehåll kan de tvättas mellan cirka 10–50 gånger.
Permanenta	Hållbara under flera rengöringscykler och ska sitta mer än 10 år.

Målet med denna förstudie är att undersöka innehållet i klotterskydd för att på sikt kunna utvärdera fördelarna med att använda vaxdispersioner och andra typer av klotterskydd i relation till miljöpåverkan från eventuell spridning av mikroplast från dessa.

Syfte

Klotterskydd används i stora volymer av Stockholms stads bolag och förvaltningar. Därför är det viktigt att säkerställa att de inte är skadliga för vår hälsa och miljö. I Stockholms stads "Handlingsplan för minskad spridning av mikroplast 2020–2024", under åtgärds paket 9 "Plasthantering vid olika verksamheter" är åtgärd 9.3 "Säkerställa att ingen klottersanering sker med plastgranulat och undersöka innehållet i vaxer som används vid klotterskydd."

Syftet med utredning är att undersöka innehållet i vaxer som används vid klotterskydd som en förstudie till åtgärd 9.3 i "Stockholms stads Handlingsplan för minskad spridning av mikroplast 2020–2024".

De specifika frågeställningar som behandlas i denna rapport är:

1. Innehåller vaxbaserade klotterskydd några tillsatta polymerer?
2. Ska de polymerer som vaxet utgör betraktas som mikroplast?
3. Kan vaxbaserade klotterskydd vara en källa till mikroplastspridning under sin livscykel?
4. Kan andra typer av klotterskydd vara en källa till mikroplastspridning under sin livscykel?

Metodik

Detta uppdrag har genomförts av Goodpoint, med stöd av Johanna Pierre från Stockholms stads kemikaliecentrum.

En utmaning i uppdraget har varit att merparten leverantörer har sekretess på innehåll i produkt i miljöbedömningssystemen² samt att information om CAS-nummer för polymerer som ingår ofta saknas. För kemiska produkter krävs endast att ämnen som är klassificerade som farliga (till exempel brandfarliga, oxiderande, explosiva, hälsofarliga eller miljöfarliga) redovisas i säkerhetsdatablad.

Information om vilka produkter som används av Stockholms stad har hämtats från underlag som tillhandahållits från kemikaliecentrum i form av loggbokssammanställning från en del av stadens bolag och förvaltningars användning av klotterskydd. Information om vilka klotterskydd som används har inkommit, via kemikaliecentrum, från trafikkontoret, exploateringskontoret och byggande bolag. Information om kemiskt innehåll har hämtats från säkerhetsdatablad, och produktinformation i Byggsvarubedömningen och SundaHus. Informationen publiceras inte i denna rapport.

Då informationen om vilka typer av vaxer och eventuella polymerer som vaxdispersionerna innehåller var begränsad utfördes en litteraturstudie i publicerade vetenskapliga studier. Uppdraget är utfört som en litteraturstudie med avslutande diskussion och slutsats. Vetenskaplig litteratur har eftersökts i olika litteraturdatabaser främst SciFinder, och Google Scholar. Vidare har information eftersökts i artiklar och rapporter från nationella och internationella organisationer.

Direktkontakt har också tagits med akademi, producenter och leverantörer. Personliga kommunikationer med akademi listas i **Bilaga 1**. Vilka leverantörer och producenter som har kontaktats listas inte då dessa inte velat bli omnämnda via namn, detta för att det inte ska vara möjligt att koppla information till specifika leverantörer eller producenter.

Kemikaliecentrum har även kontaktat berörda bolag och förvaltningar för att informera om förstudien och tagit del av kompletterande information om vilka produkter som används i staden. Även Stockholm Vatten och Avfall har kontaktats för att undersöka om innehåll i klotterskydd är något som har uppmärksammat som ett problem av reningsverken.

Avgränsningar

Detta projekt har fokuserat på att undersöka innehållet i klotterskydd för att ta reda på om de kan utgöra en potentiell mikroplastkälla under sin livscykel. Fokus har legat på vaxbaserade offerskydd

² Byggsvarubedömningen, Sunda Hus, BASTA

eftersom de misstänks kunna utgöra en källa till mikroplast och används i stora volymer i staden. De permanenta klotterskydden har därför inte studeras lika ingående men generell information och diskussion om dessa har inkluderats i rapporten.

Ursprungligen var uppdraget avgränsat till att undersöka innehåll i klotterskydd och utifrån sammansättningen identifiera om de innehåller ämnen/polymerer som troligen kan utgöra en mikroplastkälla. Datainsamlingen var dessvärre mycket begränsad av att leverantörer har sekretess på innehåll i produkt i miljöbedömningssystemen och att information om CAS-nummer för polymerer som ingår saknas. Avgränsningen har därför utökats till att omfatta en generell screening för formuleringar för klotterskydd för att få en bättre överblick.

Det har inte gått att få fram vilka volymer som av klotterskydd som Stockholmstad använder. Få mängdangivelser finns i Stadens loggböcker och variationen i mängd klotterskydd som appliceras beroende på applikation är stor, mellan 100–2000 liter.

Utforskat område

Att spåra källor till mikroskräp är komplext. Det är en grupp skräp som är heterogen både som förorening och var de återfinns. Eftersom mikroskräp ofta ackumuleras på visa ansamlingsplatser är det viktigt att samla in miljöprover från många olika typer av miljöer för att kunna bygga en förståelse för vilka källor som har störst påverkan. I dag är de flesta studierna kring mikroplaster utförda i vattendrag (Horton A. A. et al., 2017). Vidare är majoriteten av forskningen som hittills genomförts om plastföroreningar utförda på marina ekosystem, endast ett fåtal studier har undersökt förekomsten av plastskräp i sötvattensmiljöer (Blettler M. C. et al. 2018). Ännu färre studier har studerat mikroskräp som hamnar i mark trots att de är erkända ackumulationsplatser och transportvägar för mikroplaster.

Det finns få studier som studerar mikroplastspridning från olika ytbehandlingar (dekorativa och skyddande). Detta är ett område som nyligen har pekats ut som en av de största källorna till mikroplast (Magnusson K. et al., 2016; Eunomia Research & Consulting och ICF, 2018). Trots detta finns det inte tillgängliga data på faktisk spridning av mikroplast från ytbehandlingar. Tillgängliga data på mikroplastspridning från olika källor (däribland ytbehandlingar) bygger istället på uppskattningar, med stora volymspann som visar på de osäkerheter som finns i bakomliggande data och beräkningar (Naturvårdsverket, 2017).

Innehåll i klotterskydd

Vaxdispersioner som offerskydd

Offerskydden är ofta vattenbaserade vaxdispersioner som håller i cirka 3—7 år, om inte ytan behöver saneras. Efter sökningar i säkerhetsdatablad, diskussioner med akademi och industri är bilden att klotterskydd i form av vaxdispersioner förekommer i många varianter. Dels finns vaxbaserade klotterskydd som enbart består av vax, dels finns det varianter av vaxdispersioner med olika andel av diverse komponenter, till exempel polyakrylater som ger bra väderbeständighet. Vid sanering värms vaxet upp och smälter vilket underlättar saneringen, men efteråt måste de appliceras på nytt.

Nedan följer en generell sammanställning av vilka komponenter vaxbaserade klotterskydd som används av Stockholms stad typiskt innehåller (Tabell 2). Det har inte varit möjligt att få fram exakt innehåll i de vaxbaserade klotterskydd som används av Stockholms stad då informationen är belagd med sekretess. Det redovisade innehållet i Tabell 2 är en sammanställning av den information som framkommit i miljöbedömningssystemen, från samtal med akademi, producenter och leverantörer och genomförd litteraturstudie.

Tabell 2. Översikt av innehåll i vaxbaserade offerskydd

Komponenter	Kommentar
Vax	Olika typer av vax
Vatten	Dunstar och finns ej kvar i den skyddande filmen
Tensider	Till exempel alkoholetoxilater
Konserveringsmedel	Till exempel bronopol ^a och metylkloroisotiazolinon (MCI) ^a
Polymer	Till exempel polymetylmetakrylat (PMMA) och polyuretan (PUR).

^a klassas som miljöfarliga. Bronopol klassas även som särskilt förorenade ämnen enligt Vattendirektivets bilaga VIII.

Vaxer

Vaxbaserade klotterskydd består av olika typer av vaxer. Vaxer är organiska föreningar som består av kolvätekedjor. Den kemiska sammansättningen mellan vaxer från olika ursprung varierar och kan innehålla olika grupper, som fettsyror, primära och sekundära långkedjiga alkoholer, omättade bindningar, aromater, amider, ketoner och aldehyder (Kemikalieinspektionen, 2018). De innehåller också ofta fettsyrastrar. Syntetiska vaxer saknar ofta funktionella grupper och består av långkedjiga kolväten.

I Sverige tillverkades 78 ton vax år 2015 och toppade därför listan av de tio polymerer med störst volym på svenska marknaden (Kemikalieinspektionen, 2018). Vaxmarknaden kan grovt delas upp i tre grupper: biobaserade, syntetiska och fossilbaserade vaxer (Suaria G. et al. 2018). Fossilbaserade vaxer innefattar både mineralvax (till exempel montanvax) och petroleumvax (som paraffin och mikrokristallint vax, även kända som kolvätevax). De syntetiska vaxerna produceras genom en serie kemiska reaktioner, ett exempel på ett vanligt syntetiskt vax är polyeten³. Biobaserade vaxer kan vara både av animaliskt ursprung (bland andra bivax och lanolin) och vegetabiliska växer (såsom ricin och sojavax). Några olika vaxer som visat sig förekomma i vaxbaserade offerskydd listas i Tabell 3.

³ Polyeten kan ha både fossilt och biobaserat ursprung

Tabell 3. Sammanfattning av innehåll och ursprung för några specifika vaxer som förekommer i vaxbaserade offerskydd.

Vax	Innehåll	Ursprung	Kommentar
Paraffin	Huvudsakligen mättade kolväten med en kedjelängd på 18 till 60 kol	Fossilt	Petroleumvax
Mikrokristalin vax	Huvudsakligen mättade kolväten med högre andel grenade kolväten, de har högre molekylvikter än paraffiner	Fossilt	Petroleumvax
Polyetenvax	Mättade kolväten, ofta med en kedjelängd på 60 till 120 kol	Fossilt (möjligt biobaserat)	Syntetiskt vax. Har tidigare pekats ut som potentiell mikroplast.
Montanvax	Mättade fettsyror och alkoholer.	Fossilt, extraheras från kol och brunkol	Mineralvax. Är mörkbruna, men kan renas och blekas kommersiellt bruk.

Vid sökningar i säkerhetsdatablad för vaxbaserade klotterskydd som används av Stockholms stad framkom att de flesta består av paraffin, men även polyeten och montanvax. Enligt samtal med Professor Katarina Malaga, (professor specialiserad på materialteknik med fokus på betong och ytbehandling)⁴ är de flesta vaxbaserade klotterskydden baserade på paraffin.

Petroleumvax står för 85–90 % av den globala vaxkonsumtionen, även om efterfrågan på syntetiskt- och biobaserat vax har vuxit stadigt under de senaste åren (Suaria G. et al. 2018). Petroleumvax är ett råoljederivat som huvudsakligen består av en blandning av kolväten med typiska smältpunkter mellan 35 och 95 °C. De offerskydd som enbart består av vaxer (utan tillsatta polymerer) består ofta av en bandning av petroleumvaxer: paraffinvaxer, som kännetecknas av stora välformade kristaller och mikrokristallina vaxer (även kända som mikrovaxer), som har högre smältpunkter jämfört med paraffinvaxer och mindre oregelbundna kristaller.

Beroende på formuleringen av ingående vax kan petroleumvaxer designas till olika applikationer, detta tillsammans med deras låga reaktivitet gör dem lämpliga för ett stort antal industriella tillämpningar (Suaria G. et al. 2018). Ett av de största användningsområdena för petroleumvaxer är ljusproduktion och står för cirka 40 % av den totala användningen av petroleumvaxerna (Grand View Research, 2017).

Polymerer i offerskydd

Vaxerna består av polymerer som utgörs av kedjor av kolväten. Kedjelängden av kolväten, polymerens molekylvikt, har stor påverkan på polymers tillstånd (gas – vätska – fast). Ett exempel på detta är polyeten som kan vara ett vax vid låga molekylvikter och en plast vid högre molekylvikter (Kemikalieinspektionen, 2018).

Utöver själva vaxet innehåller de vaxbaserade klotterskydden ibland andra polymerer. Exempel på polymerer som dykt upp i de vaxbaserade klotterskydd som används av Stockholms stad är polymetylmetakrylat (PMMA) och polyuretan (PUR). Dessa polymerer tillsätts till de vaxbaserade

⁴ Enhetschef för RISE CBI Betonginstitutet, doktor inom kemisk och mekanisk nedbrytning av byggmaterial (sten och betong) och professor inom hållbart byggande

klotterskydden för att få önskade egenskaper, till exempel vidhäftning till underlaget, öka väderbeständigheten eller motstånd mot nötning och andra processer som skulle försämra klotterskyddet över tid.

För att bilda vaxdispersionerna behövs tensider⁵. En av de vanligaste grupperna av tensider för att bilda vaxdispersioner är alkoholetoxilater och dessa ämnen har också dykt upp i säkerhetsdatablad för vaxdispersioner som används av Stockholms stad). I Sverige används årligen ca 5000 ton alkoholetoxilater (Kemikalieinspektionen, 2006). De alkoholetoxilater som dykt upp i säkerhetsdatablad för vaxdispersioner består av en kort polyetylenglykol (PEG) med en fet-alkohol kopplad på ena sidan.

Kiselbaserade permanenta klotterskydd

Permanent klotterskydd ska hålla för flera rengöringscykler. Vidare kan de permanenta klotterskydden delas in i semipermanenta och permanenta skydd. De permanenta klotterskydden är ofta kiselbaserade. Kiselbaserade ytbehandlingar har använts för att skydda ytor länge (CCB Technical Report, 2017). De är varierande material med en enorm bredd i kemiska egenskaper. De erbjuder bra motstånd mot vatten och väder och UV-skydd (Barroso G. et al. 2019). De semipermanenta skydden innehåller ofta ett bindemedel, till exempel epoxi eller akrylat, funktionaliserad med kisel för att ge ett bra skydd mot klotter. De permanenta skydden innehåller vanligen silaner eller polysiloxaner. Polysiloxaner binder hårt till den ytan de ska skydda. Kisel-syre-kedjorna har mycket goda egenskaper för att stå emot mot UV-strålning, (jämfört med till exempel kol-kol-kedjorna i organiska polymerer) (Barroso G. et al. 2019).

Epoxibindemedel, som till exempel används i kiselbaserade klotterskydd, ger härdade filmer som är flexibla, hårda, ger bra fysiskt skydd och motstånd mot kemikalier och skydd mot korrosion (CCB Technical Report, 2017). Akrylbindemedel har bra transparens och UV-resistens mot gulnande.

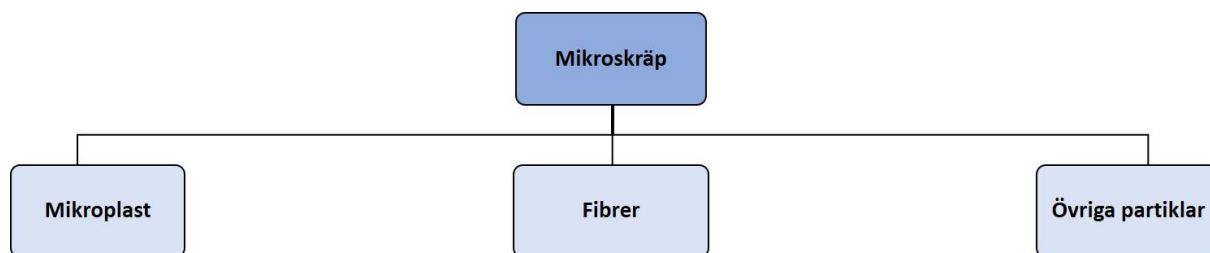
Diskussion – klotterskydd som källa till mikroplast

Nedan diskuteras de frågeställningar som listas under syfte. För att kunna diskutera huruvida vax ska definieras som mikroplast följer först en diskussion om hur mikroplast definieras i dag och har betraktats i vetenskapliga studier. Mer information om mikroplaster finns bland annat beskrivet i Stockholms stads "Handlingsplan för minskad spridning av mikroplast 2020–2024" (Stockholms stad 2020).

Mikroskräp och mikroplast

Spridningen av mikroplast har uppmärksamats allt mer under de senaste åren. Mikroplast är ett begrepp som infattat små plastfragment med olika ursprung. Mikroplast ingår i familjen mikroskräp och de hittas i miljön över hela världen. I Figur 1 visas hur mikroskräp kan delas upp.

⁵ samlingsnamn på substanser som sänker ytspänningen



Figur 1. Exempel på hur mikroskräp kan delas upp (Rotander A. et al. 2019).

Gemensamt för många typer av mikroskräp är att det succesivt brutits ner från större beståndsdelar. I dag är det stort fokus på mikroskräp av plast (mikroplast), vilket är rimligt då större delen av det mikroskräp som identifieras är mikroplast (Ministry of Environment and Food of Denmark, 2015).

Det finns i dag ingen vedertagen definition för mikroplast (Nash et al. 2019). Ett exempel på en parameter som varierar är storleksintervallet för vad som räknas som mikroplast. Den över gränsen för vad som räknas som mikroplast är generellt 5 mm, men i vissa studier inkluderas även industriella plastpellets som kan vara något större än 5 mm. Den nedre storleksgränsen diskuteras emellertid mer.

En vanlig typ av mikroskräp som hittas i vår miljö är vaxer. Till exempel i en studie utförd av Göteborgs Universitet 2019, där sammansättning av mikroskräp på stadsnära och exponerade stränder på västkusten studerades, fann de att en av de vanligaste typerna mikroskräppartiklar var paraffin (mer information under avsnittet "Vaxer") som utgjorde 21 % av det totala mikroskräpet (Karlsson T. M. et al., 2019).

Vaxer är en grupp av mikroskräp som ibland definieras som mikroplast (Kemikalieinspektionen, 2018) och ibland inte (Ministry of Environment and Food of Denmark, 2015). Detta pekades ut av Karlsson *et al.* som ett problem i att förstå hur utbrett problemet med vax som förekommer som mikroskräp i miljön då dessa partiklar ofta placeras i "övrigt mikroskräp" i litteraturen (Karlsson T. M. et al., 2019).

Vidare delas mikroplaster ofta upp i två grupper, primär respektive sekundär mikroplast beroende på deras ursprung (Kemikalieinspektionen, 2018; Magnusson K. et al., 2016).

- Primär mikroplast är avsiktligt producerade. Exempel är plastpellets producerade som råmaterial för plastindustrin eller som tillsätts direkt till produkter till exempel i kosmetika och rengöringsprodukter.
- Sekundär mikroplast bildas då plastföremål fragmenteras till mindre partiklar, till exempel vid nedskräpning. Plastskräp bryts ner och fragmenteras i miljön på grund av fysisk nötning eller exponering för ultraviolett (UV) ljus. De sekundära mikroplasterna bildas även till följd av till exempel oxidativ klyvning av polymerer, biologisk nedbrytning och hydrolys av större plastföremål (Lassen C. et al., 2015).

Är vax mikroplast?

Tidigare har det, vilket nämns ovan, varierat huruvida vaxer betraktats som mikroplast i olika studier. Kemikalieinspektionen pekade till exempel ut polyetenvaxer som vaxer som bör definieras som mikroplaster. Polyetenvaxer inte är nedbrytningsbara och olösliga i vatten, de är fasta i formen samt har smälttemperaturer långt över havens maxtemperatur och bör därför klassificeras som mikroplaster (Kemikalieinspektionen 2018). Utifrån den definitionen kan även paraffiner kvalificeras som mikroplaster, även om de har lägre smältpunkt och är mjukare än de flesta polyetenvax (Leray C., 2000). Paraffiner klassificeras av MARPOL⁶ som "högviskösa, stelrande, flytande produkter" och har typiska smältpunkter mellan 35 och 95 °C (Suaria G. et al. 2018).

Värt att notera är även att vaxer kan ackumulera olika typer av kontaminationer, där ibland mikroplaster. I en studie som utfördes vid stränder i Kaliningradregionen, Ryssland var vax ett vanligt mikroskräp (Esiukova, E., 2017). Vaxet bedömdes visuellt till paraffinvax. Studien visade att vaxaggregat, som samlades upp vid strandlinjerna hade en koncentration av mikroplast som var 3 gånger högre än koncentrationen utanför vaxaggregaten.

⁶ MARPOL är en internationell konvention om förhindrande av havsföroreningar från fartyg.

Det behövs en tydligare definition av vad som ska klassas som mikroplast där det bör vara tydligt om vaxer ingår i denna grupp. Eftersom det i dag är olika hur studier ser på vaxer som hittas i miljön är det svårt att förstå hur utbredd problemet med vaxer i miljön är.

Generellt om mikroplast från ytbehandlingar

I en rapport av Eunomia Research & Consulting och ICF 2018 noterades att färgindustrin inte förrän nyligen verkar ha studerat om ytbehandlingar kan vara en källa till mikroplast. Rapporten pekade på att det därför är viktigt med ytterligare engagemang i färgindustrin för att öka förståelsen för frågan samtidigt som man försöker identifiera dessa partiklar i miljön (Eunomia Research & Consulting och ICF, 2018).

Det finns många olika typer av ytbehandlingar, både för estetisk och skyddande användning. Den största sektorn är för att skydda byggnader, andra områden inkluderar till exempel ytbehandling av trä och bilar. De ytbehandlingar som innehåller polymerer kan vara en källa till mikroplast. Polymerer tillsätts som bindemedel (färgmatris) för att hålla ihop de olika beståndsdelarna i ytbehandlingen till exempel pigment, fyllmedel, lösningsmedel och andra additiv (Müller B., & Poth U. 2011). Mängden bindemedel varierar i olika formuleringar. Vanliga bindemedel inkluderar alkylater, epoxi, polyuretan, vissa derivat av gummi och polyestrar (Magnusson K. et al., 2016).

På uppdrag av Naturvårdsverkets presenterade IVL svenska miljöinstitutet en kartläggning av källor och spridningsvägar av mikroplast i Sverige 2016. Kartläggningen gav en första samlad bild av mikroplasternas ursprung. I rapporten identifierades "Skyddande och dekorativa ytbehandlingar på byggnader etc." som en av de fem vanligaste källorna till mikroplast i den marina miljön med en uppskattad mängd av mikroplast på 130–250 ton per år (Magnusson K. et al., 2016). Även om den data som finns tillgängliga i dag om utsläpp av mikroplaster från ytbehandlade byggnader är teoretiska visar det att klotterskydd potentiellt kan vara en källa till mikroplast i Stockholms stad som skyddar många av sina ytor med klotterskydd. Dessa partiklar kommer troligen vara mycket små och svåra att identifiera i miljön.

Sekundär mikroplast från ytbehandlingar kan uppkomma både under användningsfasen och vid borttagning. Hållbarheten hos en ytbehandling beror på ett stort antal variabler till exempel: UV-strålning, regn eller torra förhållanden, kontakt med sura, alkaliska eller saltföreningar, egenskaper hos ytan som behandlas (sten, metall, plast, etc.), exponering för slipande eller eroderande förhållanden (som damm eller vind), omfattning av mänsklig interaktion (Klein S., 2018).

En uppskattning av den mängd mikroplast som genereras från ytbehandlingar i Sverige finns presenterade i en rapport från IVL (Magnusson K. et al., 2016) och mängd mikroplast som genereras från ytbehandlingar i Europa uppskattades 2018 av konsultbolagen Eunomia Research & Consulting och ICF. Olika typer av ytbehandlingar kommer släppa ifrån sig olika mycket mikroplast och de presenterade uppskattningarna av mängd mikroplast som genereras från ytbehandlingar är baserade på grova antaganden. I Tabell 2 presenteras en uppskattning av mängden mikroplaster från ytbehandlingar i Sverige baserad på de två ovan nämnda rapporterna.

Tabell 1. Utsläpp av mikroplast från skyddande ytbehandlingar

Skyddande ytbeläggningar som säljs i Europa	165000 ton per år ^a , *
Skyddande ytbeläggningar som säljs i Sverige, antar samma mängd per capita	2200 ton per år
Andel bindemedel	20 ^b - 40 ^a %
Borttagningsförluster	1 - 4% ^b
Borttagningsförluster	4,4 - 35 ton per år
Slitageförluster	2,5% ^b
Slitageförluster	11 - 22 ton per år
Mikroplast utsläpp från skyddande ytbeläggningar	15,4 - 57 ton per år

^a Magnusson K. et al., 2016 ^b Eunomia Research & Consulting och ICF, 2018 * Försäljningsvolymerna är från 2001 och har troligtvis ökat sedan dess.

Borttagningsförlusterna, som uppkommer vid avlägsnandet av ytbehandling, kommer ursprungligen från OECDs utsläppsfaktorer för marinfärg och har sedan använts av båda rapporterna för andra ytbehandlingar. I uträkningen gjord av Eunomia Research & Consulting och ICF har vissa justeringar tillämpats, det grundar sig på två antaganden. Det första att antagande är att 80 % av ytbehandlingen användas för underhåll och det andra antagandet är att ytbehandlingar inte slipas vid borttagning. Det antas däremot att skrapning av till exempel sprucken färg före applicering av ny färg sannolikt sker.

Mängden mikroplast som släpper till följd av slitageförluster kommer också ursprungligen från OECDs utsläppsrapport, som uppskattar att dessa är 3 viktprocent av mängden som applicerats för byggnadsfärger. Detta reviderades ned till 2,5 viktprocent av mängden som applicerats (Magnusson K. et al., 2016).

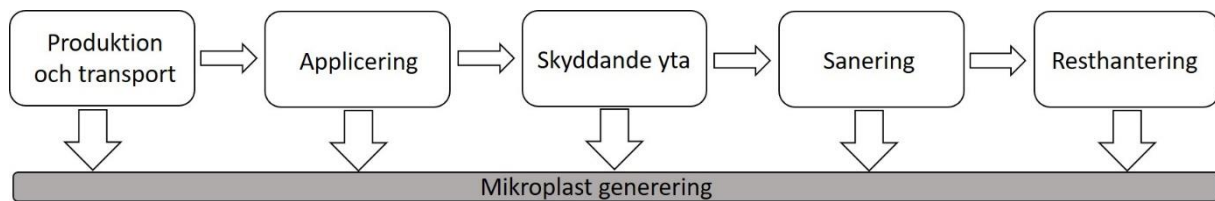
Tabell 3 visar hur dessa utsläppsfaktorer tillämpas på försäljningsdata som presenteras av Magnusson et al. som ger uppskattade utsläpp av mikroplast på 26–57 ton per år från skyddande ytbehandlingar.

De fyra huvudsakliga källorna till generering av mikroplast från skyddande ytbehandlingar identifierades i IVL:s rapport som: byggnadsfärger, marinfärger, vägmarkeringar och bilfärg (Magnusson K. et al., 2016). I Sverige pågår forskning kring mikroplaster på bland annat Örebro Universitet och i samtal med Anna Kärrman har det framkommit att deras forskargrupp endast identifierat flagor som kan härledas till båtfärger i de vattendrag som de har studerat.

När kan klotterskydd vara en källa till mikroplast

I underlagen för de vaxbaserade klotterskyddsprodukter som används som klotterskydd av Stockholms stad hittades inga redovisade ämnen som borde vara tillsatta primära mikroplaster. Vissa tillsatta polymerer, polymetylmetakrylat (PMMA) och polyuretan (PUR) har identifierats. Både PMMA och PUR är vanliga bindemedel i ytbehandlingar som består av större polymerer i den skyddande ytan. Dessa polymerer kan däremot bilda sekundära mikroplaster som följd av exempelvis slitage- och borttagningsförluster (se diskussion under "Generellt om mikroplast från ytbehandlingar"). Vidare kan produkterna innehålla ämnen som inte redovisats.

Även om klotterskydden, både de vaxbaserade och de permanenta, inte innehåller primära mikroplaster kan de vara en källa till mikroplast under flera steg i deras livscykel. Figur 2 visar en översikt för när klotterskydden kan vara en mikroplastkälla.



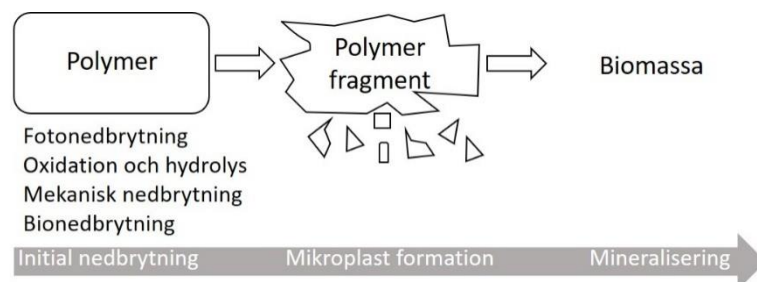
Figur 2. Klotterskyddens livscykel från produktion till resthantering.

Utsläpp från industrier som tillverkar plast eller plastprodukter har tidigare pekats ut som en källa till mikroplast i Sverige (Magnusson K. et al., 2016, Naturvårdsverket, 2017). Vidare pekar Anna Kärrman (Örebro Universitet) ut industrier generellt, som en betydande ofta underskattad källa till mikroplast.

När de klotterskydd som innehåller polymerer förbereds kan polymererna tillsättas i form av pulver eller partiklar som då ofta är i storleksordning mikro. Polymererna härddas sedan när de appliceras och bildar en film på en yta för att bilda en fast film som inte längre uppfyller definitionen av mikroplast. Under detta steg kan oavsiktliga spill leda till mikroplastföroreningar. Vidare kan applicering av klotterskydd vara en källa till mikroplaster vid exempelvis tvätt av arbetsverktyg.

Vaxer, främst omnämnda som paraffiner, har identifierats som ett vanligt förekommande mikroskräp. Det kan vara svårt att spåra härkomsten av mikroskräp, men de stora mängder som identifierats tros komma från transporter av paraffin via skepp (Suaria G. et al., 2018; personlig kommunikation med Anna Kärrman).

När klotterskyddet väl är applicerat på ytan och bildat en skyddande yta är de utsatta för viss yttre påverkan och kan släppa från ytan de applicerats på. En översikt över nedbrytningen av syntetiska polymerer som hamnar i miljön visas i Figur 3.



Figur 3. Mineralisering av polymerer i miljön. Figur modifierad från Klein S., 2018.

Under nedbrytningsprocessen omvandlas polymerer till mindre fragment (till exempel oligomerer, monomerer eller kemiskt modifierade versioner) för att sedan eventuellt bli fullständigt mineraliserade (Klein S., 2018). De viktigaste processerna för nedbrytning av syntetiska polymerer kan delas in i (Figur 3): fotonedbrytning (vanligtvis med UV-ljus), kemisk nedbrytning (oxidation eller hydrolys), mekanisk nedbrytning (slipning, värme / kyla, frysa / tina, väta / torka) och bionedbrytning av organismer (bakterier, svampar, alger) (Klein S., 2018). Beroende på vart i miljön mikroskräp hamnar kommer de ha olika bionedbrytbarhet. Nedbrytbarhet är ett mått på hur snabbt ett ämne bryts ner i naturen. Enligt Reach-förordningen så har ämnen som är persistenta en halveringstid på mer än 60 dagar. De flesta plaster är ofta långlivade med en längre halveringstid än så (Kemikalieinspektionen, 2018). Värt att notera om polymerers nedbrytbarhet är att kunskapen inom detta område fortfarande är relativt begränsat.

De största riskerna för spridning av mikroplast från klotterskydden bedöms föreligga under de två sista stegen i Figur 2, sanering och resthanteringen. När klottersaneringen sker bör saneringsspillet samlas upp för att inte hamna i naturen eller följa med dagvattnet. Mängderna mikroplast som släpps ut påverkas av hur frekvent dessa ytor saneras. Vid sanering släpper graffiti-färgen (som i sig innehåller polymerer) och är då också en källa till mikroplast.

Vaxbaserade klotterskydd som en källa till mikroplast

Den sammanfattade bilden efter att ha studerat tillgänglig information⁷ om innehåll i vaxbaserade klotterskydd är att vaxdispersionerna kan bestå av enbart vax (och tensider) eller ha en varierande grad av diverse komponenter. Diverse komponenter är till exempel polymerer, för att öka väderbeständigheten. De appliceras vanligen med lågtrycksspruta eller roller och avlägsnas genom att de smälts med lågtrycksspruta med varmt vatten så att de rinner av (enligt samtal med leverantör). Det är därför troligen vid saneringen störst risk föreligger för att de vaxbaserade klotterskydden kan vara en källa till mikroplast.

I en studie av Karlsson *et al.* hittades en stor andel av paraffiner längs stränder och de pekade på att riskerna som paraffin kan utgöra gör att möjligheter till att begränsa läckage av paraffin till miljön bör ses över (Karlsson, T. M. *et al.*, 2019).

En vanlig typ av tensid som används för att tillverka vaxdispersionerna är alkoholetoxilater. De vanligast förekommande alkoholetoxilater som dykt upp i säkerhetsdatablad för vaxdispersioner, som används av Stockholms Stad, består av en kort polyetylenglykol (PEG) med en fet-alkohol kopplad på ena sidan. PEG är en polymer som studerats mycket, kanske för att de används i stora volymer och ofta i applikationer där de riskerar att hamna i miljön. Nedbrytningen av PEG påverkas av många faktorer och under många av de förhållanden som har studerats bryts PEG lätt ner. Dock har PEG visat sig ha olika nedbrytning i reningsverk och i saltvatten (Eubeler J. P. *et al.*, 2010). Vid reningsverk sker full nedbrytning av PEG, medan PEG som studerades i saltvatten bara delvis bröts ned.

Det har kommit fram i samtal med leverantörer och producenter att det förekommer vaxer modifierat med polytetrafluorethylen (PTFE). De vaxbaserade klotterskydden kan ha problem med vidhäftning av smuts och därför tillsätts PTFE för att skyddet även ska ha en smutsavvisande funktion. Det bekräftas även i internationell litteratur att denna typ av klotterskydd förekommer (Lettieri M., & Masieri M., 2014). Det övergripande problemet med fluorerade organiska ämnen ur ett miljö- och hälsoperspektiv är att fluor-kol-bindningar är mycket svåra att bryta ner under naturliga förutsättningar. Perfluorerade organiska ämnen, till exempel PFOS och PFOA, har uppmärksammats för att de går att mäta i blodprover hos både människor och djur över hela jordklotet. Ämnena har bland annat reproduktionsstörande egenskaper. Utförlig beskrivning om förekomst och användning av högfluorerade organiska ämnen finns bland annat beskrivet i Kemikalieinspektionens rapport från 2015 (Kemikalieinspektionen, 2015).

En stor utmaning vid tillverkning av klotterskydden är att de ska skydda många olika typer ytor. En studie som utfördes på porös sten visade att skyddet inte var lika effektivt som det är på minde porös sten (Lettieri M., & Masieri M., 2014). Även med upprepade rengöringsförfaranden, inklusive varmt vatten, mekanisk påverkan och kemiska medel, gick det inte att fullständigt avlägsna fläckar från färg på det porösa underlaget. Inte heller själva offerskyddet gick att avlägsna fullständigt.

En annan studie som utfördes på sten som inte var lika porös visade att en typ av vaxdispersion (mikrokristallinvax) var effektiv innan de åldrades och sprack vilket skedde efter ett år (Carmona-Quiroga P. M. *et al.*, 2017). Studien visade att färgen kunde avlägsnas med offerskyddet som avlägsnades med varmvatten. Det noterades dock att den underliggande stenytan påverkades något. Det är viktigt att säkerställa att klotterskydden effektivt skyddar den yta de appliceras på.

Permanent klotterskydd som källa till mikroplast

De semipermanenta skydden innehåller ofta någon typ av bindemedel, akrylat eller epoxi funktionaliserad med kisel för att ge anti-graffitiegenskaper. Ett annat exempel på ett semi-permanent klotterskydd är fluorerad polyuretan. En studie som undersökte hållbarheten under miljöpåverkan av ett sådant klotterskydd fann att ytbehandlingen blev påverkad efter 6 månader ute (Carmona-Quiroga P. M. *et al.*, 2017). När egenskaperna försämrades var det svårare att sanera klotret helt. Studien visade också att delar av skyddet delvis släppte när ytan rengjordes med lågtrycksspruta med varmt vatten.

För de semipermanenta klotterskydden antas det, precis som för offerskydden, att den största risken för att mikroplaster ska sprida sig till miljön är under klottersanering. De permanenta skydden

⁷ Tabell 6, samt personliga kontakter med akademi, producenter och leverantörer

baserade på polysiloxaner antas ha den bästa beständigheten och borde under sin livstid inte vara lika utsatta för slitage eller ha lika stora borttagningsförluster.

Vid sanering av klotter på permanenta klotterskydd rekommenderar en del tillverkare att så kallade skuggborttagare används (Malaga K., 2009). Skuggborttagare är mycket effektiva kemikalier som används för att ta bort klotterrester från en betongyta. Rekommendationen att tvätta klotter med en skuggborttagare, indikerar att klotterskyddet inte har den effekt som den borde uppvisa.

Förslag på fortsatta studier

De vaxbaserade klotterskydden bedöms vara en källa till sekundär mikroplast främst till följd av slitageförluster⁸ och under klottersaneringen (borttagningsförluster). Tidigare har "Skyddande och dekorativa ytbehandlingar på byggnader etc." som innefattar bland andra klotterskydd, identifierats som en av de fem vanligaste källorna till mikroplast i Sverige (Magnusson K. et al., 2016). Den mängd av mikroplast som uppskattas spridas från denna grupp (130—250 ton per år) bygger på teoretiska uppskattningar, men ger en tydlig bild av att riskerna med olika typer av ytbehandlingar måste utredas vidare.

För att kunna spåra källor till mikroplaster för att kunna utföra ordentliga riskanalyser är sammansättningen i miljöprover en viktig del. Tidigare studier på mikroplaster har mestadels fokuserat på de marina miljöerna (Horton A. A. et al. 2017). Även om sötvatten- och land är erkända ackumulations platser och transportvägar för mikroplaster, finns det fortfarande brist på kunskap om mikroplaster i dessa miljöer. Vidare är det brist på studier om mikroplastspridning från olika ytbehandlingar (dekorativa och skyddande, som klotterskydd). Detta är ett område som nyligen pekats ut som en av de största källorna till mikroplast (Magnusson K. et al., 2016; Eunomia Research & Consulting och ICF, 2018). Det finns stora utmaningar i att utveckla representativa provtagnings- och analysprotokoll för att mäta mikroplast i miljön (Karlsson, T. M. et al., 2019). Det är dock viktigt att dessa typer av studier genomförs för att förstå hur utbredd problem detta är.

Det är svårt att få en bild av hur stort problemet med spridning av mikroplaster från klotterskydd är genom att analysera vatten, när dessa mikropartiklar når vattendrag späds de omedelbart ut och blir svåra att analysera. För att se om klotterskydden kan släppa mikroplaster under sin livstid bör omkringliggande miljöer studeras genom att ta ackumulationsprover där mikropartiklar från klotterskydden kan tänkas ansamlas, detta kan gälla både mikroplaster genererade från slitageförluster och från klottersaneringen.

För att försöka få en bild av problemet med eventuella slitageförluster från klotterskydden kan en annan tänkbar analys för att se om klotterskydden släpper ifrån sig mikroplaster vara att samla upp regnvatten från en yta behandlad med klotterskydd och sedan analysera innehållet i detta vatten.

Många producenter långtidstestar sina ytbehandlingar på olika platser, för att testa hur de står emot olika väderförhållanden. Under testperioden görs då ett bestämt antal avläsningar om året, och regelbundna analyser i labb genomförs. Som beställare skulle Stockholms stad då kunna ta kontakt med sina leverantörer och se om det går att utföra dessa typer av tester på stadens klotterskydd och analysera för mikroplaster.

En annan tänkbar metod för att studera slitageförluster från klotterskydden kan vara att utföra testerna i en mer kontrollerad miljö på labb där en yta behandlas och sedan utsätts för förhållanden som liknar utomhus förhållanden och sedan provtas för att analysera eventuell frisättning av mikroplaster. Denna metod skulle även kunna användas för att studera om klotterskydden är en källa till mikroplast under sanering genom att i grova drag behandla en yta med klotterskydd, klottra på den och sedan sanera. Saneringsvattnet kan då samlas upp och analyseras för mikroplast.

Vidare bör analyser av klotterskydden utformas tillsammans med Stockholm Vatten och Avfall. I kommunikation med Stockholm Vatten och Avfall har det framkommit att de inte har registrerat några problem med klotterskydd. Detta är dock något som de inte har studerat och därför kan ett första steg

⁸ se **Figur 3** för vanliga orsaker till bildande av sekundära mikroplaster

vara att genomföra en studie tillsammans med dem för att försöka fastställa om det föreligger ett problem.

Det kan inte uteslutas att klotterskydd kan innehålla fluorerande ämnen då detta har förekommit i en del vetenskapliga studier. Huruvida detta förekommer i de klotterskydd som finns tillgängliga i Sverige är oklart. En leverantör vi pratat med använder inte fluorerande ämnen, men detta behöver inte gälla för alla leverantörer. Leverantörer påpekade att fluorerande ämnen är något som har efterfrågats från kunder i andra länder, då dessa ämnen har bra smutsavvisande egenskaper. Det kan därför vara bra att vara uppmärksam på att dessa kan finnas på den svenska marknaden så att det går att de inte tas i bruk av Stockholms stad.

Analysmetoder och förslag på studier som skulle ge värdefulla resultat bör diskuteras med områdesexperter då det överlag finns bristande kunskap kring detta område.

Slutsatser

De klotterskydd som används i störst utsträckning av Stockholms stad är vaxbaserade klotterskydd. Efter att vaxer (främst polyetenvaxer) pekats ut som potentiell mikroplast har Stockholms stad beslutat att innehållet i vaxbaserade klotterskydd ska utredas⁹. Som en förstudie till det arbetet har detta projekt haft som mål att titta på vilka vaxbaserade klotterskydd, så kallade offerskydd, som i dag används av Stockholms stad och deras innehåll.

Klotterskydd delas vanligen upp i offerskydd, semipermanenta och permanenta skydd. Uppdragets huvudfokus har varit att titta på vaxbaserade klotterskydd som är en typ av offerskydd. Offerskydd består huvudsakligen av antingen enbart av vaxer eller blandningar av vaxer och polymerer som tillsätts för att ge önskade egenskaper hos skyddet.

Det har framkommit under projektets gång att alla de klotterskydd som används av staden inte finns med i loggböcker. En första slutsats är därför att det är viktigt att säkerställa att de klotterskydd som används inom Stockholms stad dokumenteras så att all information går att sammanställa. I loggböckerna saknas det även uppgifter om i vilka mängder klotterskydden används. För att få en samlad bild av volymerna vaxbaserade klotterskydd som används av Stockholms stad borde praxis i loggböckerna vara att mängder dokumenteras vid applicering.

Det ursprungligen uppdraget var avgränsat till att undersöka innehållet i klotterskydd främst offerskydd (skydd som tvättas bort vid saneringen) i form av vaxdispersioner och identifiera om de innehåller komponenter som innehåller mikroplast. Datainsamlingen blev mycket begränsad eftersom leverantörer har sekretess på innehållet i sina produkter i miljöbedömningssystemen. CAS-nummer saknas också för de polymerer som ingår i klotterskydd. Därför ändrades projektet till att omfatta en generell screening av innehåll i klotterskydd för att få en överblick av vad dessa kan innehålla.

För att möjliggöra en fullständig sammanställning av innehåll i de vaxbaserade klotterskydden skulle Stockholms stad kunna kräva fullständig innehållsdeklaration från leverantörer. Ett sådant krav skulle emellertid kunna vara svårt att genomföra då leverantörer ser det som affärskritiskt att deras specifika innehåll inte offentliggörs.

Av den information som fanns tillgänglig i loggböcker och från verksamheterna inom Stockholms stad framkom att vaxbaserade klotterskydd är de klotterskydd som används i störst utsträckning. Vilken typ av vax dessa klotterskydd innehåller varierar, men den vanligaste vaxtypen i offerskydden är paraffin, baserat på underlaget från miljöbedömningssystemens samt tal med akademi. Även vaxerna montanvax och polyetenvax är vanliga.

Paraffin består av kolväten som bildar en polymer med relativt kort kedjelängd¹⁰. Den kortare kedjelängden gör att de bildar ett vax. För att kunna definiera om och vilka vaxer som ska räknas till

⁹ Åtgärd 9.3 i *Stockholms stads Handlingsplan för minskad spridning av mikroplast 2020-2024*

¹⁰ för att molekyllängden ska räknas som en polymer ska den bestå av minst tre stycken monomerenheter (Kemikalieinspektionen 2018)

mikroplaster är det viktigt med en tydlig definition av vad som räknas som mikroplast, vilket i dag inte finns tillgänglig. I dag klassificeras vaxer ibland som mikroplast och ibland inte. Därför placeras vaxer som hittas ute i naturen ofta i gruppen "övrigt mikrokräp", vanligtvis utan vidare karakterisering. Avsaknaden av en tydlig definition för om vaxer som hittas i naturen är mikroplast eller inte gör att det är svårt att få en tydlig bild av hur omfattande problemet är. Oavsett om vaxer definieras som mikroplaster eller inte är de i många fall långlivade föroreningar och utsläppen av dem bör begränsas.

En del av de vaxbaserade klotterskydden visade sig innehålla polymetylmetakrylat och polyuretan. Dessa polymerer är vanliga bindemedel i ytbehandlingar. När dessa polymerer härdat bildar de en film på en yta som inte längre uppfyller definitionen av mikroplast.

Vidare framkom att flera klotterskydd innehåller konserveringsmedel vilket är viktigt att ta hänsyn till inom stadens miljöövervakning. Ett konserveringsämne med särskilda miljörisker, som identifierats i ett antal av de vaxbaserade klotterskydden, är bronopol som klassas som ett särskilt förorenade ämnen enligt Vattendirektivet.

I vetenskapliga artiklar och enligt samtal med en leverantör förekommer det klotterskydd som innehåller fluorerande ämnen, för att de har bra smutsavvisande egenskaper. Det är viktigt att Stockholms stad säkerställer att dessa inte används av staden.

När klotterskydden applicerats på en yta och en film har bildats är principen för att dessa ska vara en källa till mikroplast densamma som för andra typer av ytbehandlingar (till exempel färg). Med skillnaderna att ytor som utsätts för klotter saneras och ofta har jämförelsevis kortare förväntad livslängd (gäller offerskydden och de en del av de semipermanenta) än andra ytbehandlingar.

Skillnader mellan olika ytbehandlingar beror på dess innehåll, till exempel fäster olika typer av bindemedel olika bra till olika ytor. De vaxbaserade klotterskydden som fungerar som offerskydd är formulerade för att enkelt släppa från ytan de skyddar. Vid sanering värms vaxet upp och smälter, vilket gör att de släpper från ytan och tar med sig graffitin. Efteråt måste ytorna vaxas på nytt.

Det är viktigt att komma ihåg att de olika ämnena i klotterskydden är tillsatta för någon funktionell anledning. Det kan vara oerhört komplext att avgöra om ett kemiskt ämne kommer att kunna utgöra ett potentiellt miljö- eller hälsoproblem om det används i en viss produkt eller inte. För en viss användning behöver ett potentiellt problematiskt ämne inte utgöra något problem, medan för en annan användning så är omständigheterna att användningen leder till oönskade effekter. Då de vaxbaserade klotterskydden inte innehåller polymerer i form av primära mikroplaster utan främst¹¹ bedöms som en potentiell källa till mikroplast genom att sekundära mikroplaster bildas är det viktigt att försöka fastställa hur stort detta problem är.

Kunskapsläget i dag om klotterskyddens slitageförluster innan sanering är mycket begränsad. Slitageförlusterna skulle exempelvis kunna analyseras genom att samla upp regnvatten som rinner av från ytor behandlade med vaxbaserade klotterskydd. Ett annat alternativ skulle kunna vara att kräva dessa typer av tester från tillverkarna (se avsnittet "Förslag på fortsatta studier"). Den största påverkan på polymerer i klotterskydden är troligen från UV-strålning. Vidare skulle det vara bra med en sammanställning av hur komponenterna, främst polymerer och vaxer i klotterskydden bryts ned i olika miljöer, eftersom det råder olika förhållande på de plaster som klotterskydden appliceras på.

För att förstå i vilken form klotterskyddens ingående polymerer (till exempel vaxer, tensider och bindemedel) är efter sanering kan saneringsresterna samlas upp och analyseras. Huruvida de vaxbaserade klotterskydden utgör mikroplaster eller andra typer av problematiska föroreningar efter sanering bör även studeras närmare tillsammans med Stockholm Vatten och Avfall.

Litteraturstudien visar att de vaxbaserade offerskydden ger varierande skydd beroende på underlag och appliceringsmetoder. Studier som undersökt hur klotterskydd påverkas över tid har visat att produkterna kan ha kortare livslängd än vad som anges. Offerskydden är gjorda för att släppa helt vid sanering. För en del semipermanenta skydd har det visat sig att partiklar släpper vid sanering och i ökande mängd när de har åldrats.

För alla klotterskydd bedöms den största risken för att de ska vara en källa till mikroplast som störst vid saneringen. Denna risk är som störst för offerskydden som släpper vid sanering, de

¹¹ Bortsett från eventuella spill och utsläpp av mikroplaster från tillverkning av själva produkterna

semipermanenta och permanenta skydden kommer också påverkas av rengöring. Det är därför viktigt att säkerställa saneringsrutiner där uppsamlingen av spill från sanering sker. Det kan vara bra att fundera över när permanenta klotterskydd är ett bättre alternativ, trots att de är dyrare, för att undvika att större mängder saneringsavfall försvinner ner i avlopp. Det är viktigt att vid eventuell övergång till permanenta eller semipermanenta klotterskydd fundera över om dessa eventuellt kan släppa mikrokräp vid sanering.

Risker med de permanenta klotterskydden är till exempel att klottersanering av klotter på permanenta klotterskydd ofta kräver kemikalier. De permanentskydden kan även skada ytan de skyddar då exempelvis fukt som kommer in i stenen inte kan komma ut. De permanentskydd kan inte heller enkelt avlägsnas, vilket kan komplicera framtida målning.

För att komma vidare i åtgärd 9.3 i "Stockholms stads Handlingsplan för minskad spridning av mikroplast 2020–2024" där innehållet i vaxer som används vid klotterskydd ska undersökas är bedömningen att det viktigaste är att öka kunskapen kring sanerings- och slitageförluster från klotterskydden. Detta bedöms som viktigare än att titta närmare på innehållet i de vaxbaserade klotterskydden. De polymerer (utöver polymererna som utgör vaxet och tensider) är med största sannolikhet standardbindemedel så som epoxi, akrylat/metakrylat och polyuretan som inte uppfyller definitionen av mikroplast när härdats till en film. För att minska spridning av mikroplaster till miljö är det således av större vikt att förstå vad som händer med alla komponenter i klotterskydden när de åldras, slits och vid borttagning.

Det bristande kunskapsläget i dag innebär troligen att det inte alltid vidtas lämpliga försiktighetsåtgärder vid hantering av klotterskydd och andra ytbehandlingar. Detta kan leda till att onödigt mycket mikrokräp frigörs till miljön. Det är viktigt att förstå omfattningen av detta och informera berörda aktörer.

Referenser

- Barroso, G., Li, Q., Bordia, R. K., & Motz, G. (2019), Polymeric and ceramic silicon-based coatings—a review. *Journal of materials chemistry A*, 7(5), 1936-1963
- Blettler, M. C., Abrial, E., Khan, F. R., Sivri, N., & Espinola, L. A., (2018), *Freshwater plastic pollution: Recognizing research biases and identifying knowledge gaps*. *Water research*, 143, 416-424
- CCB Technical Report, (2017), *Microplastic pollution originating from textiles and Paints: Environmental impacts and solutions*. Uppsala: Coqlotion Clean Baltic
- Carmona-Quiroga, P. M., Jacobs, R. M., & Viles, H. A., (2017), *Weathering of two anti-graffiti protective coatings on concrete paving slabs*. *Coatings*, 7(1), 1.
- Esiukova, E., (2017), Plastic pollution on the Baltic beaches of Kaliningrad region, Russia. *Marine pollution bulletin*, 114(2), 1072-1080
- Eubeler, J. P., Bernhard, M., & Knepper, T. P. (2010). *Environmental biodegradation of synthetic polymers II. Biodegradation of different polymer groups*. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 29(1), 84-100.
- Eunomia Research & Consulting och ICF, (2018), *Investigating options for reducing releases in the aquatic environment of microplastics emitted by (but not intentionally added in) products*
- Grand View Research, (2017), *Paraffin Wax Market Analysis By Application (Candles, Packaging, Cosmetics, Hotmelts, Board Sizing, Rubber), By Region (North America, Europe, Asia Pacific, Central & South America, Middle East & Africa), By Country, And Segment Forecasts, 2018 - 2025*
- Horton, A. A., Walton, A., Spurgeon, D. J., Lahive, E., & Svendsen, C., (2017), *Microplastics in freshwater and terrestrial environments: evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities*. *Science of the Total Environment*, 586, 127-141

Karlsson, T. M., Ekstrand, E., Threapleton, M., Mattsson, K., Nordberg, K., & Hassellöv, M, (2019), *Undersökning av mikrokräp längs bohuslänska stränder och i sediment*, Göteborgs universitet

Kemikalieinspektionen, (2018), *Mikroplast i kosmetiska produkter och andra kemiska produkter*. Rapport 2/18

Kemikalieinspektionen, (2015), *Förekomst och användning av högfluorerade*. Rapport 6/15 Sundbyberg: Kemikalieinspektionen, 2015.

Kemikalieinspektionen, (2006), *Flödesanalyser för kemiska ämnen*[https://webapps.kemi.se/flodesanalyser/AmnesInfo.aspx?amne=alkohol\(C6-18\)etoxilater](https://webapps.kemi.se/flodesanalyser/AmnesInfo.aspx?amne=alkohol(C6-18)etoxilater) (hämtad 2020109)

Klein, S., Dimzon, I. K., Eubeler, J., & Knepper, T. P., (2018), *Analysis, occurrence, and degradation of microplastics in the aqueous environment*. In *Freshwater microplastics* 51-67 Springer, Cham

Lassen, C., Hansen, S. F., Magnusson, K., Hartmann, N. B., Jensen, P. R., Nielsen, T. G., & Brinch, A. (2015). *Microplastics: Occurrence, effects and sources of releases to the environment in Denmark*

Lettieri, M., & Masieri, M., (2014), *Surface characterization and effectiveness evaluation of anti-graffiti coatings on highly porous stone materials*. Applied surface science, 288, 466-477

Leray, C., (2000), *Waxes*. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology

Ministry of Environment and Food of Denmark, (2015), *Microplastics Occurrence, effects and sources of releases to the environment in Denmark*

Magnusson K., Eliasson K., Fråne A., Haikonen K., Hultén J., Olshammar M., Stadmark J., Voisin A., (2016) *Swedish sources and pathways for microplastics to the marine environment*. IVL.

Malaga K., (2009), *Validering och komplettering av provningsförfarande för utvärdering av beständighet och effektivitet av ytbehandling/klotterskydd på betongkonstruktioner*, CBI Betonginstitutet, Materialgruppen

Müller, B., & Poth, U. (2011). *Coatings formulation*. Hanover: Vincentz Network.

Nash, J:P:G:L. Frias och Roisin, (2019), *Microplastics: Finding a consensus on the definition*, Marine Pollution Bulletin 138 145-147

Naturvårdsverket, (2017), *Mikroplaster, Rapport 6772. Redovisning av regeringsuppdrag om källor till mikroplaster och förslag på åtgärder för minskade utsläpp i Sverige*

Rotander, A., & Kärrman, A, (2019), *Microplastics in Södertälje: From Lake Mälaren to the Baltic Sea*, Örebro Universitet

Stockholms stad, (2020), *Stockholms stads Handlingsplan för minskad spridning av mikroplast 2020-2024*

Suaria, G., Aliani, S., Merlino, S., & Abbate, M, (2018), *The occurrence of paraffin and other petroleum waxes in the marine environment: a review of the current legislative framework and shipping operational practices*. Frontiers in Marine Science, 5, 94

Svenskt Vatten AB, (2019), *Råd vid mottagande av avloppsvatten från industri och annan verksamhet*. P 95

Bilaga 1.

Direkt kontakt har tagits med nedan listade personer

- Universitetslektor Anna Kärrman, Örebro Universitet. Docent i miljökemi. Tillfrågad om mikroplast
- Professor Mats Johannsson, Kungliga Tekniska Högskolan. Professor inom ytbehandlingsteknik.
- Professor Katarina Malaga. Enhetschef för RISE CBI Betonginstitutet, doktor inom kemisk och mekanisk nedbrytning av byggmaterial (sten och betong) och professor inom hållbart byggande Professor inom hållbart byggande, specialitet inom materialteknik med fokus på betong och ytbehandling.