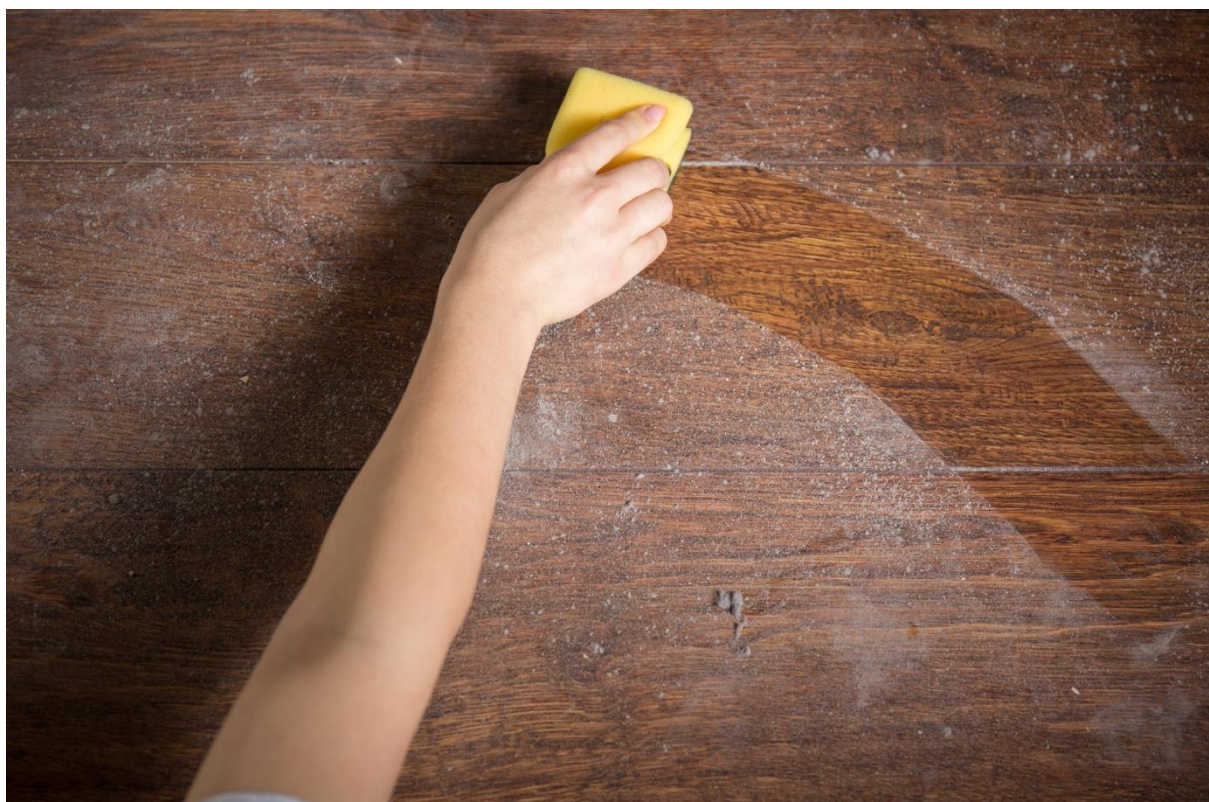


MILJØGIFTER I HUSSTØV



Rapportinformasjon

Tittel Miljøgifter i husstøv	Rapportnummer M-1110 2018
Oppdragsgiver Miljødirektoratet	Kontaktperson Ingunn Correll Myhre
Oppdragstaker Bergfald miljørådgivere	Forfattere Sara Alainezhad Kjærvik Christian Rostock
Emneord Husstøv Miljøgifter Polyfluoreerte alkylstoffer Ftalater Bromerte flammehemmere Fosforylerte flammehemmere	Dato 26. september 2018
Sammendrag Forekomsten av utvalgte miljøgifter i husstøv er beskrevet. I hovedsak har vi støttet oss til undersøkelser fra Norge, Sverige, og studier fra andre steder er benyttet der det har vært nødvendig. Vesentlige stoffgrupper som er funnet er beskrevet med fysiske og kjemiske egenskaper og bruksområder slik at mekanismer og eksponeringsveier kan beskrives. Studien foreslår en rekke tiltak som kan undersøkes videre for å redusere human eksponering for miljøgifter i husstøv.	

INNHold

1. Innledning	4
2. Sammensetning av husstøv	4
3. Miljøgifter i husstøv.....	5
3.1 Dokumentert forekomst.....	5
3.1.1 Polyfluoreerte alkylstoffer.....	5
3.1.2 Ftalater	6
3.1.3 Fenoler, bisfenoler og andre forbindelser.....	6
3.1.4 Bromerte flammehemmere	6
3.1.5 Organofosfater	6
3.1.6 Oppsummering av funn.....	7
3.2 Miljøgifter i husstøv.....	10
3.2.2 Hvordan miljøgifter ender opp i husstøv	10
4. Tiltak for å redusere human eksponering via husstøv	14
Sammendrag og konklusjon	16

1. Innledning

Flere undersøkelser har påvist betydelig forekomst av flere ulike miljøgifter i husstøv både nasjonalt og internasjonalt. Det er uttrykt bekymring, særlig for at mindre barn kan påvirkes negativt ved eksponering for dette støvet. Det er av interesse å beskrive hvordan miljøgiftene ender opp i husstøvet, samt hvilke tiltak som kan iverksettes for å beskytte human helse.

Det er blitt utført en litteraturstudie for å kartlegge hvilke miljøgifter som befinner seg i norsk husstøv, samt å beskrive hvilke komponenter partikler i husstøv kan bestå av. På bakgrunn de fysiske og kjemiske egenskapene til støvet og til miljøgiftene med hyppigst forekomst vil det bli vurdert hvordan de har endt opp i husstøvet. Basert på den samlede informasjonen vil det settes opp en forslagsliste med tiltak som kan redusere human eksponering for husstøv, og da indirekte for disse miljøgiftene.

2. Sammensetning av husstøv

Husstøv består av en kompleks sammensetning av materiale av organisk og uorganisk opphav¹. Partikkelstørrelsen varierer i området 0,1 til 100 μm^2 . Husstøv oppstår som en konsekvens av aktiviteter innendørs eller av partikler som kommer inn utenifra. Eksempler på innendørskilder er husdyr, slitasje på tekstiler, bruk av peis, stearinlys, matlaging, røyking og bruk av hårspray. Midd og andre små organismer er også tilstede i støv. Kilder utendørs er jord og sand som blir tatt med inn på sko og klær, samt det som kommer inn med luften utenfor; pollen, veistøv, jord, bakterier og sporer. Mengden og sammensetningen av husstøv varierer med hensyn på boligens konstruksjon og alder, beboernes vaner, samt beliggenhet med hensyn til forurensningskilder utendørs. Støvmengden varierer også over året. Sammensetningen varierer med hvor i huset støvet befinner seg, og vil for eksempel ha et høyere uorganisk innhold (jord og sand) i gangen enn på soverommet, hvor andelen organisk innhold fra beboerne er høyere³.

Mengden støv som genereres i et hus varierer mye, men er blitt målt til $3,7 \pm 1,3 \text{ mg/m}^2$ per døgn om sommeren og $2,2 \pm 1,3 \text{ mg/m}^2$ per døgn vinterstid⁴. Forholdet mellom organisk og uorganisk andel varierer også mye, glødetap er målt i området 5-95 %. Variasjonen i glødetap viser at andel organisk innhold i støvet varierer svært mye. Forurensninger kan adsorberes på støvpartiklene som felles ut i hjemmet og fungerer som et stadig økende reservoir. Støv har stor overflate i forhold til vekt, noe som gir grunnlag for å kunne binde og akkumulere opp miljøgifter. Det er kun partikler på 10 μm eller mindre som er torakalt støv³. Slike fine partikler utgjør en svært liten andel av det totale støvet i forhold til vekt. Analyser av innholdet i støvsugerposer viser at cirka 50 vektprosent av innholdet består av partikler større enn 2 μm og at andelen mindre enn 63 μm utgjør en svært liten del av totalen⁴. Eksempler på kilder til respirabelt støv er sporer, bakterier, sopp, pollen, røyk (sigarett) og sot (for eksempel fra stearinlys, røkelse eller gasskomfyr)². Mange støvsugere er utstyrt med et såkalt HEPA-filter, high efficiency particle air. Disse fjerner størstedelen av partikler som er $> 0,3 \mu\text{m}$. Dette betyr at en støvsuger med fungerende HEPA-filter vil fjerne mesteparten av respirabelt støv og således være en effektiv måte på redusere eksponeringen på. Sentralstøvsuger med utblåsing utendørs vil være enda mer effektivt. Virkningen av bruk av støvsuger uten HEPA-filter er ikke kjent. Det kan allikevel ikke utelukkes at slik støvsuging kan ha positiv virkning på å redusere eksponering. Det er også mulig at teppebanking og tilsvarende støvgenererende aktiviteter kan være en viktig eksponeringsvei.

En britisk studie har forsøkt å finne en korrelasjon mellom indikatorer på organisk og uorganisk innhold i husstøv. Ingen korrelasjon ble funnet og studiet konkluderer med at dette skyldes den store variasjonen i kilder til husstøv. Studien påviste variasjon i karboninnhold i husstøv i området 11- 46 % vekt. Polariteten til husstøv vil dermed kunne variere mye avhengig av støvets kilde⁵.

3. Miljøgifter i husstøv

3.1 Dokumentert forekomst

For å få et informasjonsgrunnlag som var så representativt som mulig for problemstillingen i denne rapporten ble det fokusert på studier som har blitt utført i norske hjem og innemiljø. Sammensetning av både partikler og miljøgifter i norsk husstøv vil kunne skille seg i fra andre land. Både forekomsten og sammensetningen kan påvirkes av lokalt miljø og klima i kombinasjon med vaner og tradisjoner vedrørende norske hjem. Eksempler på dette er værforhold, byggeskikk, fyrings- og oppvarmingsmetoder, utbredelse av teppegulv, men også ulik bruk av visse kjemikalietyper som for eksempel brannhemmere og impregneringsmidler.

Det har blitt lagt vekt på åtte studier i denne rapporten; én norsk screeningstudie⁶, to studier som ser på PFAS i husstøv i Oslo-området^{7,8}, en pilotstudie som undersøker per- og polyfluorerte alkylstoffer (PFAS) i støv fra husholdninger i Nord-Norge⁹, en norsk og en nederlandsk studie som detekterer organofosfater (OP) i husstøv^{10,11}, en studie basert på støvprøver fra hjem i Stockholm¹², samt en omfattende amerikansk litteraturstudie¹³. Pilotstudien er inkludert fordi den, i motsetning til de andre norske studiene, fokuserer på et område som er utenfor Oslo-regionen. Den amerikanske studien inkluderes fordi den tar for seg en stor mengde studier. Da det var mangel på norske studier har det blitt tatt med en svensk og en nederlandsk studie for å få et bredere spekter på miljøgifter som kan befinne seg i norsk husstøv. De internasjonale studiene vil ikke bli lagt like stor vekt på som de norske, men de vil være et supplement.

3.1.1 Polyfluorerte alkylstoffer

En rekke ulike per- og polyfluorerte alkylstoffer (PFAS) har blitt detektert i norske familiehjem i Oslo-området⁶. Ingen av forbindelsene ble detektert i alle prøvene, men PFHxA, PFHpA, PFOA og PFDA ble detektert i omtrent 90 % av alle prøvene. I tillegg ble en rekke forbindelser detektert i 30-60 % av prøvene; PFBS, PFNA, PFUnDA, PFDODA, 6:2 FTSA, 8:2 FTSA, 8:2 FTOH, 10:2 FTOH⁸.

I en norsk studie som så på PFAS i husstøv ble PFOS og PFDS detektert i alle prøvene, mens mer enn 50 % av prøvene inneholdt PFHxS, PFHxA, PFOA, PFNA, PFDODA, og PFTrDA⁵. Konsentrasjonene som ble detektert i denne studien er sammenlignbare med funn som er gjort i studier fra Tromsø, samt enkelte land i Europa, Nord-Amerika og Asia^{7,9}.

3.1.2 Ftalater

Det har blitt påvist ftalater i husstøv i flere ulike internasjonale studier⁹, men det er mangel på studier som dokumenterer forekomsten i norsk husstøv¹⁴. I en omfattende amerikansk litteraturstudie hvor de så på forekomsten av ftalater, fenoler, RFRs (replacement flame retardants), luktmolekyler og PFASs, viste resultatene at i innendørs støv i USA var det ftalater som hadde de høyeste konsentrasjonene. Det ble også sett på totalt inntak via inhalering og oralt opptak av støv fra boliger hvor de største humane inntakene var av ftalater (og RFRs)¹³.

En studie fra Folkehelseinstituttet, i samarbeid med Miljødirektoratet, har sett på miljøgifter i norske innemiljøer og detekterte blant annet ftalater og klorerte parafiner i inneluft¹⁴. De henviser til en norsk studie av Rakkestad et al. (2007) som så på nivåer av ftalater i innendørs luft i sammenheng med partikkelfraksjonen i støv i flere ulike innemiljøer¹⁵. I denne studien ble de høyeste nivåene av ftalater detektert blant annet på et barnerom, i en barnehage og på to barneskoler. Di-n-butylftalat (DBP) var den dominerende ftalaten både i PM₍₁₀₎ og PM_(2,5) i prøver fra alle lokasjonene. Alle disse ftalatene ble også påvist i den amerikanske studien. Bruken av ftalater i Norge er sannsynligvis den samme som i USA. Basert på de overnevnte studiene er det høyst sannsynlig at ftalater vil befinne seg i norsk husstøv, selv om det er mangel på studier som dokumenterer dette.

3.1.3 Fenoler, bisfenoler og andre forbindelser

En norsk screeningstudie fant flere ulike fenoler og bisfenoler som BPS (bisfenol S), BPF (bisfenol F), BPA (bisfenol A) og en rekke bisfenol A diglysidyletere (BADGE-relaterte forbindelser)⁶. I den samme studien ble det i tillegg detektert oktokrylen (UV-filter), dekloraner, syntetisk musk, di-n-oktyltinnoksid, samt flere flyktige organiske forbindelser i form av lineære metylsiloksaner og 4-isopropyl-1,1'-biphenyl.

3.1.4 Bromerte flammehemmere

En norsk studie på gulvstøv fra husholdninger detekterte BDE-28, BDE-47, BDE-99, BDE-100, BDE-153, BDE-154, BDE-183 og BDE-209 (tetra-dekabrom difenyletere). I tillegg ble en rekke nye brominerte flammehemmere (NBFRs), som PBEB, EH-TBB, BEH-TEBP, BTBPE og DBDPE, detektert.

3.1.5 Organofosfater

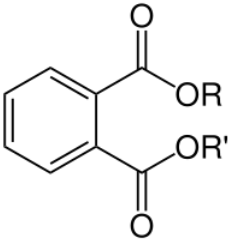
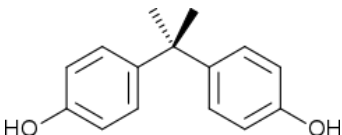
I en norsk studie som så på forekomsten av flammehemmende organofosfater i husstøv ble forbindelsen tris(2-butoksyetyl) fosfat detektert med høyeste mediankonsentrasjon i alle støvprøvene¹⁰.

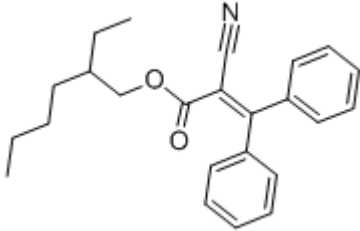
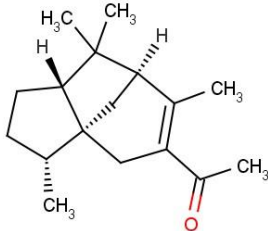
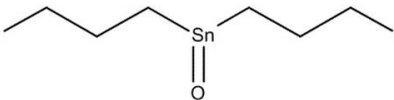
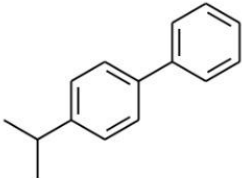
I en nederlandsk studie fant TBOEP, TDCIPP, TCIPP, TCEP, TPHP og TMPP/TCP i støv fra husholdninger. I denne studien påpeker de at mønsteret av alle organofosfatene unntatt TBOEP i husstøvet i Nederland er sammenlignbart det som har blitt funnet i seks andre land. Dette kan være en indikasjon på like kilder på organofosfater i hjemmet i disse landene. Allikevel var det høy variasjon i nivåene av forbindelsene mellom og innad i landene¹¹.

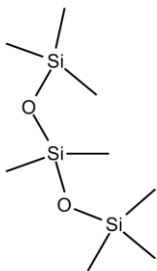
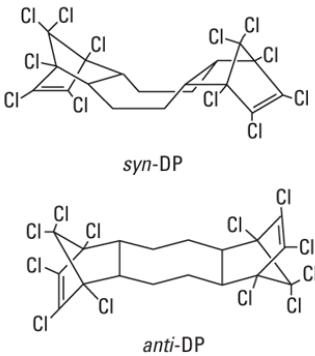
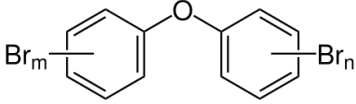
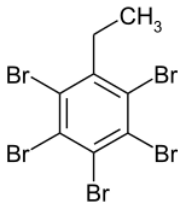
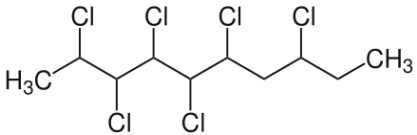
3.1.6 Oppsummering av funn

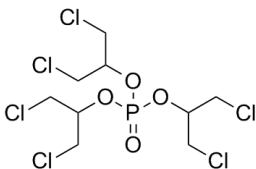
En samlet oversikt over hvilke typer miljøgifter som har blitt påvist i hovedsakelig norsk husstøv er i tabell 1. Tabellen omfatter ikke forbindelser studiene har lett etter, men ikke funnet.

Tabell 1. Tabellen viser en oversikt over kjemikaliegruppene av miljøgiftene som har blitt påvist i husstøv hovedsakelig i Norge.

Forbindelse	Strukturformel	Kilde	Studie
Per- og polyfluoreerte alkylstoffer (PFASs) PFHxA, PFHpA, PFOA og PFDA (90 %) PFBS, PFNA, PFUnDA, PFDoDA, 6:2 FTSA, 8:2 FTSA, 8:2 FTOH og 10:2 FTOH (30-60 % av prøvene) PFOS og PFDS (alle prøver) PFHxS, PFHxA, PFOA, PFNA, PFDoDA, og PFTrDA (>50 % av prøvene)	 Perfluorert oktansyre (PFOA)	Overflateaktive stoffer, maling, lakk, overflatebehandling av papir, impregnering av tekstiler, skismurning, i matemballasje og brannslukningsskum.	7, 8, 9, 13.
Ftalater DBP, BBP, DCHP og DEHP.		Hovedsakelig som mykningsmiddel i PVC-plast; for eksempel i gulvbelegg, badestapet, dusjforheng og isolasjon på elektriske ledninger. Men inngår også i en rekke andre husholdningsprodukter som parfymer og parfymerte produkter ⁹ . Det påvises stadig ftalater i barneleker av PVC selv om av DEHP, DBP og BBP er forbudt i produkter til barn.	13, 14
Bisfenoler BPS, BPF, BPA		Brukes i epoksy harpiks til fremstilling av maling, lakk, lim,	6, 13

BADGE-HCl, BADGE-2HCl, BADGE-H ₂ O, BADGE-2H ₂ O, BADGE-HCl-H ₂ O.	Bisfenol A	polykarbonat og syntetisk gummi.	
UV-fILTER Oktokrylen		Eneste kjente bruksområdet er som solbeskyttende UV-filter. Påvist i solkrem, kosmetikk og bilpleieprodukter	6
Syntetisk musk Metyl cedryl keton		Parfyrer. Brukes som luktstoff i sminke, toalettartikler, vaskemidler, tøyvaskemidler, røkelse og duftlys. Forekommer naturlig i sedertre.	6
Di-n-oktyltinnoksid		Kjente bruksområder er lim, overflatebehandling og maling. Forbindelsen er også brukt som stabilisator i PVC-plast, som katalysator i produksjon av polyuretan, i silikon og i produksjon av bildekk ifølge kjemikaliesøk hos Miljødirektoratet. Kontakt med Jotun avkrefter bruk av forbindelsen i deres malinger.	6
Flyktige organiske forbindelser 4-isopropyl-1,1'-bifenyl		Kopipapirsystemer som ikke er basert på gjennomslag, erstatning for PCB i elektriske kondensatorer, varmevekslingsmedium, veterinærmedisin som anti-inflammasjonsmiddel og som tilsats i smøremiddel.	6

Siloksaner Oktametyltrisoloksan (L3), dekametyltetrasiloksan (L4), dodekametylpentasiloksan (L5).	 Oktametyltrisoloksan	Byggestein i framstilling av silikon (gummi, olje og voks). Brukes også direkte i kosmetikk som smøremiddel. Benyttes som skumdemper i framstilling av visse matvarer. Benyttes også som luktforsterker i parfyme, men dette gjelder i hovedsak ringformede siloksaner. 6
Dekloraner Dec-604, DP-syn og DP-anti	 <i>syn-DP</i> <i>anti-DP</i>	Som flammehemmer i polymerer særlig innenfor elektroniske og elektriske artikler. 6
Bromerte flammehemmere (BFRs) PBDE: BDE-28, BDE-47, BDE-99, BDE-100, BDE-153, BDE-154, BDE-183 og BDE-209 (tetra-dekabrom difenyletere). NBFRs: PBEB, EH-TBB, BEH-TEBP, BTBPE og DBDPE.	 Polybrominert difenyleter (PBDE)  Pentabrom etylbenzen (PBEB)	Ekspandert polystyren (isopor), ekspandert polyuretan (skumgummi), tekstiler og ellers utbredt innen polymerer i EE produkter. 10
Klorparafiner	 2,3,4,5,6,8-heksaklordekan	Mykner i PVC-plast. Flammehemmere i plast, gummi og tekstiler. Kjøle- og smøremiddel ved metallbearbeiding. Mykner i maling, plast og gummi. Finnes i isoleringsruter produsert mellom 1975-1990, tapet, 12

		fugeskum, tette- og fugemasse.	
Organofosfater TBOEP, TDCIPP, TCIPP, TCEP, TPHP, TMPP/TCP	 Tris(1,3-dikloroisopropyl) fosfat	Som flammehemmere i elektronikk, og da blant annet som erstatning for bromerte flammehemmere. Også brukt i veterinærmedisin og som komponent i plantevernmidler.	10, 11

3.2 Miljøgifter i husstøv

Det som vil avgjøre hvordan miljøgifter ender opp i husstøv er kildene til miljøgiften, den øvrige sammensetning av støvet samt de fysiske og kjemiske egenskapene til miljøgiften. I den videre vurderingen antas det at støvet kan binde alt av miljøgifter, og det tas derfor utgangspunkt i de fysiske og kjemiske egenskapene til miljøgiftene.

3.2.2 Hvordan miljøgifter ender opp i husstøv

Med bakgrunn i studiene som er lagt til grunn for å løse problemstillingen i denne rapporten er det trukket fram en del miljøgifter som har blitt detektert i husstøv i Norge (se tabell 1). For å forstå hvordan disse miljøgiftene ender opp i husstøv kan man ut i fra fysiske og kjemiske egenskaper vurdere hvordan forbindelsene vil interagere med støvpartikler og andre faktorer i hjemmet etter at de har entret en husholdning. I de tilfeller hvor det har vært begrenset tilgang på data er det blitt gjort en faglig vurdering ut i fra den informasjonen som var tilgjengelig. Koepunkt, smeltepunkt og forbindelsens halveringstid i luft vil si noe om potensiell avdampning fra kilden og til hvilken grad det antas at forbindelsen vil foreligge som gass innendørs. Forbindelsens log Kow og dens vannløselighet gir en indikasjon på hvor lett den vil binde seg til støvpartikler og overflater, og hvilken grad av mobilitet den vil ha etter at den først er bundet.

Fluorerte alkylforbindelser

Forbindelsene PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA og PFDoDA er fullt fluorerte alifatiske karboksylsyrer. Eneste forskjell er kjedelengden, som i dette tilfellet varierer mellom seks og tolv karbonatomer.

Fluortelomerene, 6:2 FTSA, 8:2FTSA, 8:2FTOH og 10:2 FTOH har en alifatisk karbonkjede med én ende som er fullt fluorert, deretter en del som ikke er fluorert og til slutt en funksjonell gruppe som vil være en sulfonsyre eller en alkoholgruppe.

Felles for alle disse forbindelsene er at de har en polar og en upolar ende, slik som såper og overflateaktive stoffer har. Sett under ett vil forbindelsene ha svært like egenskaper. En kan forvente at den ikke-fluoreerte delen av telomerene vil gjøre disse mindre persistente enn de fullt fluoreerte karboksylsyrene.

Da det finnes mye data tilgjengelig vil de fysiske og kjemiske egenskapene til PFOA være grunnlag for vurdering av de fluoreerte alkylforbindelsene. Forbindelsen har et kokepunkt på 192 °C og et damptrykk på $3,16 \cdot 10^{-2}$ mm Hg, og dermed vil forbindelsen kunne fordampe fra kilden og vil foreligge som gass i luft. Halveringstiden i luft er 31 dager¹⁶, noe som gir tid til at betydelige mengder av forbindelsene som har fordampet kan binde seg til partikler og avsettes som støv. Med log Kow på 4,8 og en løselighet i vann på 3000 mg/l, anses forbindelsen som lite mobil og vil i all hovedsak foreligge bundet til overflater etter at den først har bundet seg.

Ftalater

Ftalater skiller seg hovedsakelig ved alkylgruppens kjedelengde og eventuelt forgrening. Kjedelengder fra fire til tolv karbonatomer er vanlig. Ftalater med kjedelengder fra fire til åtte karbonatomer er under stadig kraftigere regulering av europeiske og internasjonale myndigheter slik at bruken av ftalater med kjedelengder fra ni karbonatomer og oppover har økt. Det er valgt å benytte fysiske og kjemiske egenskaper til DEHP (åtte karboner) i denne undersøkelsen fordi DEHP har kjedelengder som er middels lange. Med kokepunkt på 384 °C og damptrykk på $1,42 \cdot 10^{-7}$ mm Hg, vil fordampning til atmosfæren foregå langsomt. Med log Kow på 7,6 og vannløselighet på $2,7 \cdot 10^{-1}$ mg/l vil DEHP binde seg til partikler og overflater og være fullstendig immobil. Halveringstiden i luft er kort (16 timer), men biologisk nedbryting er normalt svært langsom.

Bisfenol A og BADGE-relaterte forbindelser

BPA, BPS og BPF er nært beslektede bisfenoler, der den gruppen som binder de to fenolene sammen er henholdsvis propyl, sulfonyl og en metylgruppe. De ulike BADGE-variantene er derivater av bisfenol A diglycidyleter. Alle bisfenol-forbindelsene som er påvist i husstøv benyttes som resin i epoksyforbindelser. BPA har kokepunkt på 360 °C og et damptrykk på $3,16 \cdot 10^{-8}$ mm Hg. De er lett fotokjemisk nedbrytbare i luft. En log Kow i området 3,3-3,8 og en vannløselighet på 300 mg/l indikerer lav til moderat mobilitet og liten vannløselighet. De vil ikke fordampe fra faste overflater når de først er bundet.

Oktokrylen

Forbindelsen har et høyt kokepunkt på 218 °C ved 1,5 mm Hg. Da lufttrykket ved havnivå er 760 mm Hg viser dette at fordampningen til forbindelsen er svært lav. Det antas derfor at den ikke vil fordampe lett fra kilder. Den har en log Kow på 6,1 og en lav vannløselighet på < 0,1 mg/l, som gjør at den kan binde seg til partikler og vil være ikke-mobil når den først er bundet. Forbindelsen kan ende opp i støv og på andre overflater ved kontakt med hender og annen hud som har rester av solkrem på seg.

Syntetisk musk (metyl cedryl keton)

Et høyt kokepunkt på 272 °C ved overflatetrykk og et veldig lavt damptrykk er dokumentert for denne forbindelsen. Kokepunktet er så høyt at volatiliteten er veldig lav, men allikevel vil noe av stoffet fordampe og befinne seg i luftfasen. Forbindelsen har en lav løselighet i vann på 1,3 mg/l, og en log Kow er på 5,655, noe som vil si at den ikke er mobil i vann.

Basert på log Kow-verdien vil en anta at den binder seg til partikler i lufta og vil felle ut sammen med støv. Den vil i tillegg kunne feste seg til overlater.

Di-n-oktyltinnoksid

Forbindelsen har en lav løselighet i vann på 0,12 mg/l, og samtidig en veldig lav løselighet i organiske løsemidler. Den er et tungt molekyl som vil dekomponere framfor å smelte ved 245-248 °C, disse egenskapene i kombinasjon med et meget lavt damptrykk på $3,87 \cdot 10^{-6}$ mm Hg tilsier at forbindelsen ikke vil fordampe fra kilden. Den lave løseligheten i både vann og organiske løsemidler betyr at forbindelsen ikke vil være kjemisk bundet i malingen, og det kan derfor forekomme at molekyler som lekker ut fra kilden fanges av støv i hjemmet. Den lave løseligheten indikerer også at forbindelsen vil være relativt mobil selv når den befinner seg i støvet.

4-isopropylbifenyl

Med et kokepunkt på 295-305 °C og et svært lavt damptrykk, antas det at minimale mengder vil fordampe fra kilden. Forbindelsen kan ende opp i støv ved at kondensatorer i armaturer, elektromotorer eller elektronikk knuses, eller ved bruk av medisin til husdyr, eller under smøring av bevegelige deler i hjemmet. Den forventes å være lite mobil i vann basert på en log Kow på 5,2 og lav vannløselighet på 0,6 mg/l. Den vil kunne binde seg til støvpartikler og feste seg til overflater, og vil i all hovedsak forbli bundet.

Lineære siloksaner

Det som skiller de tre siloksanene L3, L4 og L5 fra hverandre er kjedelengden, ellers er de relativt like. Kokepunktene varierer i området 152 til 245 °C og damptrykkene i området 3,3 til 0,02 mm Hg. Med en halveringstid i luft på opptil 13 døgn¹⁷ vil siloksaner enten forbli uforandret i gassfase eller de vil være bundet til partikler i lufta. Eksponering kan dermed skje direkte ved bruk via inhalering av dampfase eller fine støvpartikler. Over tid vil partikler med siloksaner bundet til seg avsettes i støv. For de tre siloksanene varierer log Kow i området 5,4 til 6,6, og vannløseligheten varierer i området 0,03 til 0,005 mg/l. En log Kow i dette området og en løselighet i vann på < 0,03 mg/l betyr at forbindelsene er veldig lite vannløselige og vil definitivt binde seg til partikler og andre overflater.

Dekloraner

På grunn av mangelfull informasjon om Dec-604, vil dokumenterte egenskaper for Dekloran Plus (DP) legges til grunn for videre vurdering. Med et særlig høyt smeltepunkt på over 325 ° C og et damptrykk ved romtemperatur på $7 \cdot 10^{-10}$ mm Hg er denne forbindelsen i praksis ikke flyktig. Den vil ikke være vannløselig med en log Kow på 11,6. Samlet betyr dette at forbindelsen ikke vil fordampe, den vil feste seg til støvpartikler og overflater og være ikke-mobil. På basis av høyt kokepunkt og lavt damptrykk vil det antas at forbindelsen ikke fordampes fra potensielle kilder. Men siden forbindelsen benyttes mye i elektroniske produkter som kan bli varme, kan noe fordamping allikevel forekomme. Det oppgis i den norske screeningstudien at det er detektert høye konsentrasjoner av dekloraner i alle støvprøvene¹. Dette kommer av at det er en jevn tilførsel av dekloran til støv, og med tanke på at forbindelsene er lite nedbrytbare vil de oppkonsentreres i husstøv over tid.

Bromerte flammehemmere

En norsk studie¹⁰ på gulvstøv fra husholdninger detekterte BDE-28, BDE-47, BDE-99, BDE-100, BDE-153, BDE-154, BDE-183 og BDE-209 (tetra-dekabrom difenyletere). Disse er ulike kongenerer av samme forbindelse. På grunn av at BDE-47 er den giftigste kongeneren eksisterer det mest data om den, og dens fysiske og kjemiske data brukes derfor som grunnlag for en felles vurdering av dem alle. Flammehemmeren BDE-47 koker ikke, men dekomponeres fra 200-300 ° C, og har et damptrykk på $3 \cdot 10^{-7}$ mmHg. På basis av ikke-eksisterende kokepunkt og lavt damptrykk sluttet det at forbindelsen omtrent ikke fordampes fra potensielle kilder. Men siden forbindelsene benyttes mye i elektroniske produkter som kan bli varme, kan noe fordamping allikevel forekomme. Med en halveringstid i luft på 29 dager, vil store deler av forbindelsen som befinner seg i gassfase være tilgjengelig for å avsettes partikulært. En log Kow på 6,84 og en løselighet i vann på 0,013 mg/l, gjør at forbindelsen vil være lite mobil etter at den har bundet seg til støv og overflater.

De samme fysiske-kjemiske verdiene for heksabrom syklodekan (HBCD) har blitt undersøkt, og funnet å være i samme størrelsesorden som de som gjelder for BDE-47. Denne har blitt påvist i husstøv i Stockholm, og ble forbudt i Norge i 2016. Penta-, okta- og deka-difenyletere ble forbudt i Norge fra og med 2008.

Den samme studien påviste også en rekke nye bromerte flammehemmere (NBFR); PBEB, EH-TBB, BEH-TEBP, BTBPE og DBDPE. Da de fysiske-kjemiske egenskapene for disse flammehemmerne er lignende, brukes data for PBEB som grunnlag for å vurdere hele gruppen. Pentabrometylbenzen (PBEB) har et damptrykk på $3,2 \cdot 10^{-4}$ mm Hg ved romtemperatur, et smeltepunkt på 136-138 ° C og vil dekomponere ved ca. 210 °C. Den har i tillegg en log Kow på 6,4.

Alle disse forbindelsene er store og tunge molekyler med lave damptrykk og høye smeltepunkt, noe som gjør at de i svært liten grad vil fordampe fra kilden. I tillegg har de høy log Kow og lav løselighet i vann, og de vil derfor lett binde seg til overflater og støvpartikler og være lite mobile når de først er bundet.

Klorparafiner

I den svenske studien som detekterte klorparafiner i husstøv ble det i alle husholdningene funnet høyere konsentrasjoner av SCCP enn MCCP. På grunn av at kortkjedede klorparafiner ble ulovlig i bruk i Norge fra og med 2004, mens mellomkjedete klorerte parafiner (MCCP) fremdeles er lovlig, er det

mer sannsynlig å finne MCCP i norsk husstøv og vurderingen tar derfor utgangspunkt i egenskapene til MCCP.

Et kokepunkt på over 200 ° C og et damptrykk på ca. 1,5 mm Hg, indikerer at MCCP har en viss flyktighet, og noe vil kunne fordampe fra kilden og binde seg til partikler i luften og etter hvert avsettes i støv. Det er naturlig å anta at SCCP vil ha enda høyere flyktighet enn dette. Forbindelsen MCCP har en log Kow på 5-8 (varierer avhengig av kloreringsgrad) og en vannløselighet på >0,027 mg/l noe som gjør at de vil binde seg til overflater og ikke være mobile når de først er bundet.

Organofosfater

De detekterte organofosfatene har noe variasjon i sine fysiske-kjemiske egenskaper. De har relativt høye kokepunkt som ligger på 235-420 °C, og de har lave damptrykk som varierer fra $2,86 \cdot 10^{-7}$ mm Hg til $9,23 \cdot 10^{-3}$ mm Hg. Dette betyr fordamping fra kilden ved bruk kan forekomme i noen grad, og forbindelsen kan etter hvert binde seg til partikler og avsettes i støv. Organofosfatene har middels log Kow som varierer fra 1,78 til 4,59, mens det samtidig er en spredning i vannløseligheten som varierer fra 0,1 til 7000 mg/l mellom de ulike forbindelsene. Spredningen i log Kow og ulik vannløselighet tilsier at enkelte av organofosfatene vil være mobile mens andre ikke vil være det.

4. Tiltak for å redusere human eksponering via husstøv

Tiltakene er basert på det som hittil har blitt beskrevet av de fysiske og kjemiske egenskaper til de ulike stoffgruppene. Stoffenes bruksområder og kilder i husholdningen har også blitt tatt i betraktning. Lufting kan være en mulig måte å redusere støvmengden i husholdningen på, imidlertid kan dette også bidra til å tilføre partikler og miljøgifter fra uteluft.

Fluoreerte alkylforbindelser

På bakgrunn av at forbindelsene består av både en polar og en upolar del vil de kunne være mobile i vandige miljø, men samtidig kunne binde seg til overflater i fravær av vann. Det vil være lite sannsynlig at forbindelser skal fordampe i vesentlig grad etter at de først har bundet seg til en overflate. Sammen med støv kan de fjernes tørt, og bundet til harde overflater kan de fjernes med såpevann.

Ftalater

Med tanke på hyppig forekomst i flere husholdningsprodukter er det umulig å fullstendig unngå tilstedeværelse av ftalater i husstøv. Det er en tendens til at ftalater som er i bruk har høyere molekylvekt enn tidligere, og fordampning fra støv og overflater i hjemmet vil være av liten betydning. Den beste måten å beskytte seg mot denne miljøgiften vil derfor være å fjerne den ved å støvsuge og tørke over med såpevann på harde overflater.

Bisfenol A og BADGE-relaterte forbindelser

Bundet til støv kan forbindelsene fjernes ved støvsuging. Den relativt lave vannløseligheten gjør det usikkert om såpevann vil være tilstrekkelig for å fjerne forbindelser som er bundet til harde overflater.

Oktokrylen

Det som er bundet til støvet vil kunne fjernes med støvsuging eller en fuktig klut. På grunn av den lave vannløseligheten vil ikke det som er bundet til overflater bli fjernet med vann.

Syntetisk musk (metyl cedryl keton)

På grunn av den lave vannløseligheten vil ikke det som er bundet til overflater bli fjernet med vann. Da noe av forbindelsen vil være avsatt i støv kan dette fjernes ved støvsuging.

Di-n-oktyltinnoksid

Det som er bundet til støvet vil kunne fjernes med støvsuging eller en fuktig klut. På grunn av den lave vannløseligheten vil ikke det som er bundet til overflater bli fjernet med vann.

4-isopropylbifenyl

Avdampning vil ikke være en eksponeringsvei, men ved direkte kontakt som følge av forbruk eller uhell kan være en kilde til at det ender opp i husstøvet. På grunn av log Kow vil forbindelsen binde seg til både støv og overflater i hjemmet. På grunn av den lave vannløseligheten vil ikke det som er bundet til overflater bli fjernet med vann.

Lineære siloksaner

Det vil være vanskelig å unngå human eksponering for siloksaner da eksponering kan skje via inhalering når de forekommer i gassfase og når de er bundet til fine partikler i luft. Dersom de forekommer i avsatt støv kan støvet fjernes tørt. På grunn av den lave løseligheten i vann er det usikkert om siloksaner vil fjernes fra overflater ved vasking.

Dekloraner

Det er oppgitt at human eksponering for Dekloran Plus hovedsakelig foregår gjennom inhalering av luft, og ved hudkontakt med produkter som er behandlet med DP. En del av den humane eksponeringen kan begrenses ved å fjerne støvet.

Bromerte flammehemmere

Eksposering er hovedsakelig ved inhalering og direkte hudkontakt med produkter som inneholder forbindelsen. Det som er bundet til støv vil kunne fjernes med støvsuger, men det er usikkert om våt klut er tilstrekkelig for å fjerne forbindelsene som er bundet til overflater.

Klorparafiner

Med bakgrunn i bruksområdene til klorparafiner er det sannsynlig med opptak gjennom huden i hjemmet. Med tanke på at forbindelsene har en viss flyktighet vil også noe kunne fordampe fra kilden og binde seg til partikler i luften og etter hvert avsettes i støv. Det vil være vanskelig å unngå human eksponering for MCCP når de forekommer i gassfase og når de er bundet til fine partikler. Dersom de forekommer i avsatt støv kan støvet fjernes tørt. På grunn av den lave løseligheten i vann er det usikkert om MCCP vil kunne fjernes fra overflater ved hjelp av en fuktig klut.

Organofosfater

Studier har vist en større forekomst av organofosfater i husstøv som befinner seg på og rundt elektronikk¹¹. Støv som samles rundt og på elektronikk burde derfor fjernes regelmessig. I tillegg er hudkontakt en like viktig eksponeringsrute som inntak av støv, både for barn og mødre. På grunn av dette kan det derfor være gunstig å unngå direkte kontakt med støv som ligger i umiddelbar nærhet av elektronikk¹⁰.

Sammendrag og konklusjon

Forekomsten av utvalgte miljøgifter i husstøv er beskrevet. I hovedsak har vi støttet oss til undersøkelser fra Norge, Sverige, og studier fra andre steder er benyttet der det har vært nødvendig.

Kildene til husstøv er mange, støvet tas inn utenfra, men genereres også i hjemmet. Byggematerialer, boligens alder, beliggenhet og beboernes vaner betyr mye for mengden og sammensetningen av støvet. Sammensetningen av husstøvet kan derfor variere sterkt. Støvet kan i prinsippet binde alle typer miljøgifter til seg. De fleste forbindelser det har blitt lett etter har blitt påvist i de fleste eller iallfall noen prøver av husstøv. I den norske screeningstudien var det særlig enkelte bisfenol- A diglycidyletere og deres homologer som skilte seg ut ved at de sjelden eller aldri ble påvist i husstøv.

Det er relativt lite som kan gjøres for å hindre dannelsen av støv, men en god håndtering av skitne klær og skotøy for å begrense mengden smuss som tas med inn i boligen kan være effektivt. Et annet tiltak kan være å begrense bruken av en del sprayprodukter som hårspray, glitter, lakk, men også begrenset bruk av stearinlys, åpen flamme, røyking og røkelse kan ha betydning.

De hyppigst påviste forbindelsene i husstøv var PFASs og bromerte og organofosfatbaserte flammehemmere^{7, 8, 9, 10, 11, 13}. Di-n-oktyltinnoksid ble dessuten påvist i samtlige støvprøver i en norsk screeningstudie. I en amerikansk undersøkelse var det ftalater som ble påvist i høyest konsentrasjon. Noen tilsvarende undersøkelse er ikke gjennomført i Norge, men siden bruksområdene i USA og Norge er forholdsvis like kan dette også være tilfellet her. Miljøgiftene som hyppig blir påvist i støvet har en

del egenskaper til felles. De er organiske molekyler med høy molekylvekt, og de har lave damptrykk og binder seg lett til partikler og overflater. De fluorerte karboksylsyrene og fluorerte telomerene har noe bedre vannløselighet og er noe mer mobile enn de fleste andre påviste miljøgifter i husstøv. Dette gjelder også enkelte organofosfat flammehemmere.

Kildene til miljøgifter i husstøv er i hovedsak produkter som husets beboere tar inn i hjemmet. I enkelte tilfeller er kildene utenfor hjemmet og miljøgiften kommer inn gjennom åpne vinduer og dører. I de fleste tilfeller er det vanskelig å unngå å ta med miljøgiften hjem, fordi den foreligger i produktet uten at dette nødvendigvis fremgår av emballasjen eller på annen måte. Et unntak her er ftalater og siloksaner som inngår i parfymen, kosmetika, kroppsspleie og luktprodukter som duftbærere. Kosmetikk er alltid merket med innholdet, og mange pleieprodukter er merket med «uten parfyme» eller tilsvarende tekst.

Støvet på og rundt elektriske og elektroniske produkter kan ha høyere innhold av miljøgifter enn andre steder. Særlig gjelder dette flammehemmende forbindelser.

Støvsuging kan være en effektiv måte å fjerne støv og de assosierte miljøgiftene på. Bruk av HEPA-filter eller sentralstøvsuger anbefales. For en del av giftene kan eksponering også skje over huden.

Hovedpunkt fra denne undersøkelsen omfatter:

- Reduksjon i dannelse av støv av mineralsk opprinnelse (jord og sand) kan oppnås ved å være nøye med renhold i boligens inngangssone
- Reduksjon i dannelse av støv kan oppnås ved å unngå støvdannende produkter som sprayprodukter og hårspray innendørs
- Reduksjon i dannelse av støv kan oppnås ved å unngå støvdannende aktiviteter som røyking, stearinlys, røkelse og åpen ild
- Reduksjon i eksponering mot skadelige forbindelser kan oppnås ved å unngå å kjøpe produkter der slike stoffer inngår. Dette er ikke alltid mulig, men duftstoffer og deres bærere i kosmetikk, renholds- og personlig pleieprodukter kan unngås siden det ofte opplyses på produktet hva det inneholder, eventuelt ikke inneholder
- Reduksjon i eksponering mot skadelige forbindelser kan oppnås ved støvsuging. Helst bør HEPA-filter eller sentralstøvsuger benyttes
- Særlige kilder til støveksponering i boligen omfatter gulvtepper og områder med mye elektronikk.

1. USEPA, exposure factors handbook, 1999.
2. <http://www.climateworks.ca/house-dust/>
3. Hassan et al. 2015. *Chemical Composition, Characterization and Factors Affecting Household Dust (<20 µm) in Greater Cairo, Egypt*. Open Journal of Air Pollution, 04 (04), s. 184-197.
https://www.researchgate.net/publication/286402358_Chemical_Composition_Characterization_and_Factors_Affecting_Household_Dust_20_m_in_Greater_Cairo_Egypt
4. Butte og Heinow, 2002. *Pollutants in House Dust as Indicators of Indoors Contamination*. Rev. Env. Toxicolo., 175, s. 1-46.
5. Turner og Simmonds 2006. *Elemental concentrations and metal bioaccessibility in UK household dust*. Science of The Total Environment, 371 (1-3), s. 74-81.
6. Schlabach et al. 2017. *Screening programme 2016. Selected compounds with relevance for EU regulation*. Miljødirektoratet, M-818.
<http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M818/M818.pdf>
7. Haug et al. 2011. *Investigation on Per- and Polyfluorinated Compounds in Paired Samples of House Dust and Indoor Air from Norwegian Homes*. Environmental Science & Technology, 45 (19), s. 7991–7998.
<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es103456h>
8. Bohlin-Nizzetto et al. 2015. *PFASs in house dust*. Miljødirektoratet, M-430.
<http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M430/M430.pdf>
9. Huber et al. 2011. *Per- and polyfluorinated compounds in house dust and indoor air from northern Norway – A pilot study*. Chemosphere, 84 (11), s. 1686-1693.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653511005066?via%3Dihub>
10. Cequier et al. 2014. *Occurrence of a Broad Range of Legacy and Emerging Flame Retardants in Indoor Environments in Norway*. Environmental Science & Technology, 48 (12), s. 6827-6835.
11. Brandsma et al. 2014. *Organophosphorus flame retardants (PFRs) and plasticizers in house and car dust and the influence of electronic*. Chemosphere, 116, s. 3-9. Equipment.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653514002409?via%3Dihub>
12. Fridén et al. 2010. *Human exposure to chlorinated paraffins via indoor air and dust*. Department of Applied Environmental Science, Stockholm universitet.
<http://www.imm.ki.se/Datavard/Rapporter/Final%20report%20CPs%20in%20indoor%20air%20100309.pdf>
13. Mitro et al. 2016. *Consumer Product Chemicals in Indoor Dust: A Quantitative Metaanalysis of U.S. Studies*. Environmental Science & Technology, 50, s. 10661-10672.
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.6b02023>
14. Sakhi et al. 2015. *Miljøgifter i innemiljøet. Ftalater, PCB, PBDE og klorparafiner i norske innemiljøer*. Nasjonalt folkehelseinstitutt, avdeling for luftforurensning og støy.
<https://www.fhi.no/globalassets/dokumenterfiler/rapporter/2015/miljogifter-i-innemiljoet-pdf.pdf>
15. Rakkestad et al. 2007. *Phthalate levels in Norwegian indoor air related to particle size fraction*. Journal of Environmental Monitoring, 12, s. 1419-1425.
16. US EPA; Estimation Program Interface (EPI) Suite. Versjon 4.1. November 2012. Tilgjengelig f.o.m. 12.08.2015: <https://www.epa.gov/tsca-screening-tools>
17. US EPA; Estimation Program Interface (EPI) Suite. Versjon 4.11. November 2012. Tilgjengelig f.o.m. 21.03.2016: <https://www.epa.gov/tsca-screening-tools>