

**Toxikologiska rådet**

– expertorgan för rådgivning och samråd i toxikologiska frågor

**The Toxicological Council**

– body of experts for advice and consultation on toxicological issues

# **Toxikologiska rådets årsrapport 2023**

# Förord

Toxikologiska rådet är en expertorganisation som har till uppgift att underlätta snabb identifiering av kemiska ämnen som kan vara skadliga för människans hälsa eller för miljön. Toxikologiska rådet identifierar och utvärderar signaler om nya och framväxande potentiella kemikalierisker och rapporterar fynden till Samordningsgruppen för nya toxikologiska kemikaliehot, SamTox. Toxikologiska rådet utgör tillsammans med SamTox ett systematiskt angreppssätt på nationell nivå för tidig upptäckt, prioritering och hantering av kemikalierisker, ett så kallat Early Warning and Action System.

Toxikologiska rådet organiseras av Kemikalieinspektionen och består av representanter från svenska myndigheter med ansvar inom kemikaliereglering och ett flertal universitet som täcker vetenskapliga områden relaterade till kemikalierisker. Ledamöterna i Toxikologiska rådet bidrar med vetenskaplig och regulatorisk omvärldsbevakning från sina respektive myndigheter och forskningsområden.

Toxikologiska rådets uppgift är att stärka den systematiska övervakningen och användningen av vetenskaplig information för att identifiera och utvärdera nya eller framväxande potentiella kemikalierisker. Rådet har beslutat att även ta med kända men otillräckligt hanterade kemikalierisker i sina utvärderingar. Rådet ska förse SamTox med uppdaterad och relevant information.

Rapporten har tagits fram av Toxikologiska rådet under 2023 och utgör den samfälliga bedömningen av situationen rörande nya eller framväxande potentiella kemikalierisker. De slutsatser som presenteras i rapporten baseras på relevant vetenskapligt underlag, myndighetsrapporter och övrig kunskapsinhämtning. Rapporten representerar Toxikologiska rådets bedömning och speglar inte nödvändigtvis enskilda myndigheters eller akademiska institutioners ställningstaganden.

## Rådets ledamöter då rapporten togs fram

- Patrik Andersson, professor, Umeå universitet
- Emma Halldin Ankarberg, filosofie doktor, Livsmedelsverket
- Thomas Backhaus, professor, Göteborgs universitet
- Karin Broberg, professor, Karolinska Institutet
- Ulrika Carlander, filosofie doktor, Läkemedelsverket
- Ian Cousins, professor, Stockholms universitet
- Carlos Guerrero-Bosagna, universitetslektor, Uppsala universitet
- Helene Ek Henning, filosofie doktor, Havs- och vattenmyndigheten
- Kristina Jakobsson, professor, Göteborgs universitet
- Sarah Josefsson, filosofie doktor, Sveriges geologiska undersökning
- Igor Keljalic, magister, Länsstyrelserna
- Anna Kärrman, docent, Örebro universitet
- Karl Lilja, filosofie licentiat, Naturvårdsverket
- Christian Lindh, docent, Lunds universitet
- Bert-Ove Lund, docent, Kemikalieinspektionen
- Claes Löfström, filosofie doktor, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap
- Linda Molander, filosofie doktor, Folkhälsomyndigheten
- Malin Montelius, filosofie doktor, Statens geotekniska institut
- Karin Norström, filosofie doktor, Naturvårdsverket
- Lina Wendt Rasch, filosofie doktor, Kemikalieinspektionen (ordförande)
- Karin Staaf, filosofie doktor, Arbetsmiljöverket
- Ulla Stenius, professor, Karolinska institutet
- Håkan Tinnerberg, professor, Göteborgs universitet
- Emma Westerholm, filosofie licentiat, Kemikalieinspektionen (vetenskaplig sekreterare)
- Karin Wiberg, professor, Sveriges lantbruksuniversitet
- Therese Woodhill, medicine doktor, Formas, ett forskningsråd för hållbar utveckling

# Innehåll

<b>Rådets ledamöter då rapporten togs fram .....</b>	<b>3</b>
<b>Sammanfattning .....</b>	<b>5</b>
Identifierade nya potentiella kemikalierisker.....	5
Prioriterade områden för fortsatt utredning .....	6
<b>1      Identifierade nya potentiella kemikalierisker.....</b>	<b>7</b>
1.1      Spridning av fluorerade ämnen från litiumjonbatterier .....	7
1.2      3D-skrivare och konsumentexponering .....	8
1.3      Ämnen i LCD-skärmar.....	11
<b>2      Prioriterade områden för fortsatt utredning .....</b>	<b>12</b>
2.1      Joniska vätskor .....	12
<b>3      Metodutveckling för systematisk identifiering och prioritering av nya potentiella kemikalierisker .....</b>	<b>13</b>
3.1      Metodutveckling för ökad samordning och identifiering av potentiella kemikalierisker baserat på hälsorelaterade data hos AMM-klinikerna och inom HÄMI.....	14
3.2      Systematisk analys och prioritering av stora datamängder .....	15
<b>4      Övriga diskussioner i Toxikologiska rådet.....</b>	<b>16</b>
4.1      Åtgärder för att minska upptag och exponering för kadmium .....	16
4.2      Human exponering för bekämpningsmedel .....	18
4.1      6PPD och fiskdöd.....	19
4.2      Förekomst av 1,4-dioxan i vatten.....	22

## Sammanfattning

Toxikologiska rådet har under 2023 fortsatt arbetet med att identifiera nya potentiella kemikalierisker baserat på ledamöternas omvärldsbevakning och expertkunskap. Rådet lyfter tre tidigare identifierade områden där ny kunskap tillkommit som potentiella kemikalierisker; spridning av fluorerade ämnen från litiumjonbatterier, 3D-skrivare och konsumentexponering samt ämnen i LCD-skärmar. Rådet lyfter joniska vätskor som ett prioriterat område för fortsatt utredning.

Toxikologiska rådet har fortsatt arbetet med att utveckla systematisk metodik för identifiering av nya potentiella kemikalierisker. Under 2023 har rådet diskuterat möjligheterna att öka samordningen med och mellan de sju regionala Arbets- och miljömedicinska klinikerna i Sverige, den hälsorelaterade miljöövervakningen och andra relevanta verksamheter.

Rapporten ger också en kort sammanfattning av prioriterade ämnesgrupper som diskuterats i rådet; åtgärder för att minska upptag och exponering för kadmium, human exponering för bekämpningsmedel, 6PPD och fiskdöd samt förekomst av 1,4-dioxan i vatten.

## Identifierade nya potentiella kemikalierisker

### Spridning av fluorerade ämnen från litiumjonbatterier

Litium (Li)-jonbatterier har en utbredd och ökande användning i samhället och det är dokumenterat att det förekommer fluorerade ämnen exempelvis i elektroder, bindemedel och i elektrolytvätskan. Flera batterifabriker och anläggningar för återvinning av Li-jonbatterier är etablerade i Sverige och sannolikt kommer ytterligare verksamheter att etableras framöver. Det råder stor osäkerhet angående utsläpp av fluorerade ämnen till luft och vatten.

Toxikologiska rådets slutsats är att den åtgärd som föreslagits av SamTox, det vill säga att området ska hanteras via Miljömålsrådet, inte kommer att räcka för att adressera de identifierade kunskapsbristerna. Därmed riskerar problem som kan uppkomma vid en storskalig produktion och återvinning av Li-jonbatterier att förbli ouppmärksamade. Eftersom det finns risk för att fluorerade ämnen kan släppas ut vid tillverkning och återvinning av Li-jonbatterier finns behov av att undersöka utsläpp samt utreda hur de kan kontrolleras. För att kunna ställa relevanta krav på miljöövervakning och bedriva en effektiv tillsyn behövs expertstöd, särskilt genom tillsynsvägledning, för verksamheter som bedriver tillverkning eller avfallshantering och återvinning av Li-jonbatterier.

### 3D-skrivare och konsumentexponering

Riskerna med 3D-skrivare och konsumentexponering varierar beroende på vilken teknik och utgångsmaterial som används samt var skrivarna är placerade och om det finns ventilation eller liknande som minskar exponeringen. Vid industriell användning av 3D-skrivare har det utvecklats metoder som effektivt minskar exponeringen för partiklar. Teknikerna och materialen som används av konsumenter liknar de som används industriellt men det finns inte samma möjligheter att minska exponeringen. Småskalig konsumentanvändning, och även användning i skolor och allmänna lokaler så som bibliotek och fritidslokaler där barn och andra känsliga grupper kan exponeras, kan således vara problematisk ur exponeringssynpunkt.

Toxikologiska rådet ser att det finns behov av att göra en kunskapssammanställning som bland annat kartlägger vilken forskning som finns gällande exponering i icke-industriella miljöer, hur omfattande konsumentanvändningen är, samt vilka kriterier som används för att avgöra farlighet hos utgångsmaterialen. Därefter bör behov av tillsynsinsatser identifieras gällande hur 3D-skrivare används i icke-industriella miljöer och för att säkerställa att produkterna är säkra att använda.

### **Ämnen i LCD-skärmar**

LCD (Liquid Crystal Display)-skärmar innehåller LCM (Liquid Crystal Monomer)-ämnen som vid rumstemperatur är delvis flytande och delvis fasta. Flera LCM är persistenta och bioackumulerande och höga halter har hittats i inomhusmiljö samt i blod och bröstmjolk i Kina. En svensk pilotstudie har visat att LCM kan detekteras i inomhusdamm från kontor, förskolor, vardagsrum och andra inomhusmiljöer. Resultat från en retrospektiv screeningstudie där förekomst av LCM i humant blod i Sverige undersöks väntas under 2024.

Toxikologiska rådet anser att LCM är en prioriterad ämnesgrupp för fortsatt utredning som en ny potentiell kemikalierisk. Undersökningar behövs av ämnenas förekomst i inomhusmiljö, exponering av människa och potentiella effekter. Dokumenterad förekomst av LCM i humant blod i Sverige skulle ytterligare stärka slutsatsen, men rådet anser att LCM bör prioriteras även utan sådana resultat.

## **Prioriterade områden för fortsatt utredning**

### **Joniska vätskor**

Joniska vätskor är salter av stora organiska byggstenar och är flytande vid rumstemperatur. Antalet joniska vätskor på marknaden är mycket stor och användningen ökar. Det finns en ökande användning av joniska vätskor i Sverige i många olika produkter och med flera användningsområden, till exempel färger, desinfektionsmedel, konserveringsmedel och kosmetika. Joniska vätskor hittas i europeiska vattendrag och de kan ackumuleras både i terrestra och akvatiska miljöer. Det saknas information om toxicitet för många joniska vätskor men både indikationer på humana levereffekter och akut toxicitet hos vattenlevande organismer har rapporterats.

Det behövs en djupare analys kring användningen samt toxicitet och exponering av människa och miljö för att avgöra om joniska vätskor utgör en ny potentiell kemikalierisk.

# 1 Identifierade nya potentiella kemikalierisker

Toxikologiska rådet har under 2023 diskuterat tidigare identifierade nya potentiella kemikalierisker och tillkommande kunskap gör att rådet nu åter lyfter tre områden; spridning av fluorerade ämnen från litiumjonbatterier, konsumentexponering från 3D-skrivare och ämnen i LCD-skärmar.

## 1.1 Spridning av fluorerade ämnen från litiumjonbatterier

### 1.1.1 Sammanfattning från 2021 års rapport

Toxikologiska rådet identifierade 2021 den ökande användningen av litium (Li)-jonbatterier och förekomst av fluorerade ämnen som en ny potentiell kemikalierisk. Toxikologiska rådet har tidigare också lyft andra områden relaterade till per- och polyfluorerade alkylsubstanter (PFAS), dels om PFAS i deponier som beskrivs i årsrapport 2017–2018<sup>1</sup>, dels om okända PFAS i årsrapport 2018–2019<sup>2</sup>. I dessa rapporter finns en sammanfattning om toxikologiska aspekter av PFAS.

Li-jonbatterier har en utbredd och ökande användning i samhället. Det finns dokumenterad användning av fluorerade ämnen i Li-jonbatterier, såsom oorganiskt litium-hexafluorofosfat som elektrolyt och den organiska polymeren polyvinylidenfluorid (PVDF) som bindemedel för elektroderna. Även trifluormetylsulfonsyra, som är en perfluorerad syra, har rapporterats som (tillsats i) elektrolyten. Ytterligare användning är trolig men är inte känd då kemikalieanvändningen ofta är konfidentiell.

Toxikologiska rådet drog i sin årsrapport 2021 slutsatsen att flera faktorer relaterade till Li-jonbatterier behöver utredas, såsom hur stor användningen av fluorerade ämnen är, vilka ämnen som används, utsläpp av ämnena vid tillverkning, hur fluorerade ämnen hanteras vid kassering och återvinning, hur mycket giftig fluorvätegas som kan bildas vid bränder, samt om fluor-polymerer i batterier kan ge upphov till lågmolekylära PFAS (till exempel karboxylsyror och alkoholer). Rådet ansåg 2021 att det är lämpligt att utföra en djupare utredning av frågan, men resurser för ett sådant utredningsarbete finns inte inom rådet.

### 1.1.2 Ny information

Svenska forskare har under 2023 sammanställt information från den vetenskapliga litteraturen om användning och utsläpp av PFAS från Li-jonbatterier.<sup>3</sup> Både organiska och oorganiska fluorerade ämnen används i stor utsträckning exempelvis i elektroder, bindemedel och i elektrolytvätskan. Mest använt är LiPF<sub>6</sub> (ett elektrolytsalt) och en PFAS-polymer, polyvinylidenfluorid ("binder" eller separator), men även andra PFAS förekommer som tillsatser i elektrolyten.

En ny studie visar att en ny klass av PFAS som kallas bis-perfluoralkylsulfonimider (bis-FASI) finns i Li-jonbatterier<sup>4</sup>. Dessa ämnen har uppmätts i amerikanska och europeiska

---

<sup>1</sup> Toxikologiska rådets årsrapport 2017–2018. Rapport 1/18.

<sup>2</sup> Toxikologiska rådets årsrapport 2018–2019. Rapport 1/19.

<sup>3</sup> A. Rensmo, E.K. Savvidou, I.T. Cousins, X. Hu, S. Schellenberger, J.P. Benskin (2023) Lithium-ion battery recycling: a source of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) to the environment? *Environ. Sci.: Processes Impacts*, 25, 1015-1030. DOI:10.1039/D2EM00511E.

<sup>4</sup> J. Guelfo, P. Ferguson, A., et al. (2023) The dirty side of clean energy: Lithium ion batteries as a source of PFAS in the environment. (This is a preprint; it has not been peer reviewed by a journal) <https://www.researchsquare.com> (accessed 03 November 2023).

ytvatten och även i mark och sediment vid koncentrationer så höga som >2000 ng/l.<sup>5</sup> Samma studie visade också, genom en serie experiment, att bis-FASI är långlivade, mobila och (eko)toxiska ämnen.

### **1.1.3 Identifierade behov**

För att hantera de behov Toxikologiska rådet identifierat 2021, bedömde SamTox att frågor om Li-jonbatterier kunde inkluderas i programområdet ”Cirkularitet i klimatomställningens materialflöden” inom Miljömålsrådet. Programområdet är ett av fem områden som Miljömålsrådet prioriterat för åtgärder under perioden 2023–2026. Toxikologiska rådets slutsats är dock att denna åtgärd inte kommer att räcka för att adressera de identifierade kunskapsbristerna. Därmed riskerar problem som kan uppkomma vid en storskalig produktion och återvinning av Li-jonbatterier att förbli ouppmärksammade.

Flera batterifabriker och anläggningar för återvinning av Li-jonbatterier är etablerade i Sverige och sannolikt kommer ytterligare verksamheter att etableras framöver. Länsstyrelserna, som är tillsynsmyndighet, har identifierat att det finns stora utmaningar när det gäller att ställa relevanta och lämpliga miljökrav på verksamheterna. Det råder också stor osäkerhet angående utsläpp av PFAS till luft och vatten från avfallsanläggningar, lager för kasserade Li-jonbatterier samt vid demontering av el- och hybridbilar. Ytterligare en aspekt som har uppmärksammats av länsstyrelserna är utsläpp i samband med olyckor eller brand. Li-jonbatterier är brandfarliga och det är känt att det vid brand bildas vätefluorid. Bildning och spridning av andra fluorerade föreningar vid brand behöver däremot utredas vidare.

För att tillsynsmyndigheten ska kunna ställa relevanta krav behövs expertstöd särskilt genom tillsynsvägledning för verksamheter som bedriver tillverkning eller avfallshantering och återvinning av Li-jonbatterier. För att bedriva en effektiv tillsyn behöver länsstyrelserna mer kunskap om vilka ämnen som släpps ut, inklusive eventuella nedbrytningsprodukter, samt riskerna med dessa. Det behövs också mer kunskap om vilka krav som bör ställas på miljöövervakning av dessa ämnen.

Toxikologiska rådets slutsats är att det finns risk för att PFAS kan släppas ut vid tillverkning och återvinning av Li-jonbatterier vid vissa av de återvinningsmetoder som används i dag. Därför kräver frågan en djupare utredning än vad som kommer att göras genom Miljömålsrådets programområde ”Cirkularitet i klimatomställningens materialflöden”. Eftersom batterifabriker och även anläggningar för återvinning av batterier är etablerade i Sverige finns det ett behov av att ytterligare undersöka utsläpp av PFAS och andra ämnen från batterier vid verksamheter samt utreda hur de kan kontrolleras. Som en del i en grön omställning kommer sannolikt fler verksamheter inom området att etableras. Det är därför viktigt att samhällets behov av kunskap om problemet och hur det kan åtgärdas snarast tillgodoses.

## **1.2 3D-skrivare och konsumentexponering**

### **1.2.1 Sammanfattning från 2021 års rapport**

3D-skrivare och konsumentexponering identifierades som ett prioriterat område för fortsatt utredning i Toxikologiska rådets årsrapport för 2021. Teknikutvecklingen vad gäller 3D-skrivare och additiv tillverkning har pågått relativt länge, och under de senaste åren har en snabb utveckling skett.



3D-printing är en paraplyterm, som innefattar många olika metoder med skilda tekniska förutsättningar. Vidare används olika utgångsmaterial, allt från polymerer till metaller, keramiska eller biologiska material. Det medför att det är svårt att göra generella riskvärderingar. Pulverbaserade metoder kan ge en exponering för partiklar av olika storlek och flyktiga ämnen, något som kopplats till bland annat inflammation, genotoxicitet och cancerogenicitet, medan vätskebaserade metoder ofta innehåller ämnen som kan vara allergiframkallande.<sup>6 7</sup> I de metoder där det förekommer termisk nedbrytning finns det risk för höga emissioner av nanopartiklar.<sup>8</sup>

Vid industriell användning av 3D-skrivare har det utvecklats metoder som effektivt minskar exponeringen för partiklar. Teknikerna och materialen som används av konsumenter liknar de som används industriellt. Dock är det sannolikt svårare att i till exempel hem- och skolmiljöer minska exponeringen genom den typ av ”inneslutning” av maskinerna som används industriellt. I dessa miljöer kan även barn och andra känsliga grupper exponeras. Småskalig konsumentanvändning, och även användning i skolor och allmänna lokaler så som bibliotek och fritidslokaler, kan således vara problematisk ur exponeringssynpunkt.

### **1.2.2 Ny information**

En rapport från amerikanska National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)<sup>9</sup> lyfter samma typ av problematik som Toxikologiska rådet har identifierat. Dels att 3D-skrivare blir allt vanligare och att de i större utsträckning finns tillgängliga för användning i icke-industriella miljöer såsom mindre företag samt skolor och bibliotek, dels att exponeringen för både ultrafina partiklar och olika kemiska ämnen är dåligt utredd, inklusive vilka effekter exponeringen kan ge upphov till.

Rapporten lyfter att ämnen som förekommer i liknande plaster och resin, ett slags hårdplast, som de som används i 3D-skrivare tidigare har visats ge upphov till hälsoeffekter i arbetsmiljön. Det gäller till exempel flyktiga organiska ämnen (volatile organic compounds, VOCs), polycykliska aromatiska kolväten (polycyclic aromatic hydrocarbons, PAH:er) och metallpartiklar. Samtidig exponering för flyktiga organiska ämnen och ultrafina partiklar har enligt rapporten kopplats till respiratoriska och kardiovaskulära hälsoeffekter.

NIOSH har undersökt emissioner från olika typer av 3D-skrivare och utgångsmaterial och har tagit fram riktlinjer för att hantera potentiella risker med användningen. Riskerna varierar beroende på vilken teknik och utgångsmaterial som används samt var skrivarna är placerade och om det finns ventilation eller liknande som minskar exponeringen. Exponering för olika typer av kemikalier kan ske under alla användningssteg. Inför utskrift, vid rengöring av

---

<sup>6</sup> Andi Alijagic, A., Engwall, M. et al. (2022). Particle Safety Assessment in Additive Manufacturing: From Exposure Risks to Advanced Toxicology Testing. *Front Toxicol.* 2022 Apr 25;4:836447. doi: 10.3389/ftox.2022.836447. eCollection 2022.

<sup>7</sup> NIOSH [2023]. Approaches to safe 3D printing: a guide for makerspace users, schools, libraries, and small businesses. By Hodson L, Dunn KL, Dunn KH, Glassford E, Hammond D, Roth G. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication 2024-103, <https://doi.org/10.26616/NIOSH PUB2024103>.

<sup>8</sup> Runström Eden, G., Tinnerberg, H., et al. (2022). Exploring Methods for Surveillance of Occupational Exposure from Additive Manufacturing in Four Different Industrial Facilities. *Ann Work Expo Health.* 2022 Feb 18;66(2):163-177. doi: 10.1093/annweh/wxab070.

<sup>9</sup> NIOSH [2023]. Approaches to safe 3D printing: a guide for makerspace users, schools, libraries, and small businesses. By Hodson L, Dunn KL, Dunn KH, Glassford E, Hammond D, Roth G. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication 2024-103, <https://doi.org/10.26616/NIOSH PUB2024103>.

munstycken och liknande, kan inandning av och hudexponering för lösningsmedel ske. Under själva utskriften kan luftburen exponering ske om skrivaren inte är innesluten eller om utskriften sker i ett mindre rum utan fullgod ventilation. Exponering kan också ske vid hantering av kvarvarande material och kontakt med oreagerade rester. Hudkontakt med flytande resin kan orsaka irritation och allergiska reaktioner. Vanligt förekommande lösningsmedel för rengöring av skrivare eller tvätt av utskrivna objekt inkluderar enligt rapporten från NIOSH isopropanol, etanol, metanol, aceton och kloroform eller lösningar av natriumhydroxid.

För att minska exponeringen, både för ämnen i utgångsmaterialen och för andra typer av emissioner i samband med utskrifter, bör enligt rapporten så mycket som möjligt av hanteringen ske i inneslutna system. Lämplig skyddsutrustning såsom andningsmask och handskar kan behövas vid vissa moment. Förvaring av kemikalier behöver ske på ett sådant sätt att obehöriga, inklusive barn, inte kan komma åt dem.

### **1.2.3 Pågående arbete**

Under våren 2024 slutrapporteras projektet Hälso- och miljöpåverkan av additiv tillverkning och utmaningar för en hållbar produktion 3 (HÄMAT 3), finansierat av VINNOVA. Slutrapporten kommer bland annat att redovisa rekommenderade åtgärder för att minska exponeringen vid additiv tillverkning.<sup>10</sup>

Forskningsprojektet NanoSafety2<sup>11</sup> har beviljats medel under sommaren 2023. Resultat från projektet förväntas därmed först inom ett par år. Projektet fokuserar huvudsakligen på industriell exponering för partiklar och flyktiga organiska ämnen från 3D-skrivare, men inkluderar även till viss del emissioner från mindre skrivare för användning i icke-industriella miljöer.

Inom OECD planeras en fallstudie om 3D-skrivare under 2024. Det övergripande syftet är att identifiera om det finns behov av ytterligare information och säkerhetsföreskrifter samt eventuella behov av regulatorisk hantering.

### **1.2.4 Identifierade behov**

För industriell 3D-printning används stora och dyra enheter med avancerade material. I den typen av miljöer finns ofta kännedom om hur industriella föroreningar ska hanteras.

Vid användning av enklare och billiga 3D-skrivare finns en betydligt större okunskap. Användningen av dessa på kontor, skolor och i hemmen och bristfällig kunskap om hantering gör att det finns en ökad risk för hög exponering och därmed även risk för negativa hälsoeffekter.

Det finns endast ett fåtal studier som tittat på emissioner från 3D-skrivare och respiratoriska hälsoeffekter hos vuxna.<sup>12</sup> Studier kring exponering och effekter hos barn saknas.

Toxikologiska rådet bedömer att det finns behov av att göra en kunskapsmanställning som bland annat tittar på vilken forskning som finns vad gäller exponering i icke-industriella miljöer, hur omfattande konsumentanvändningen är samt vilka kriterier som används för att

---

<sup>10</sup> Hälso- och miljöpåverkan av additiv tillverkning och utmaningar för en hållbar produktion 3 (HÄMAT 3) <https://www.vinnova.se/p/halso--och-miljopaverkan-av-additiv-tillverkning-och-utmaningar-for-en-hallbar-produktion-3---hamat3/>

<sup>11</sup> About NanoSafety - Örebro University (oru.se)

<sup>12</sup> US EPA EPA Researchers Continue to Study the Emissions of 3D Printers | US EPA

avgöra farlighet hos utgångsmaterialen. Det här är ett område som Toxikologiska rådet inte har haft resurser att undersöka vidare.

Rådet ser att det också kan finnas behov av tillsynsinsatser. Det gäller både tillsyn av användning av 3D-skrivare i lokaler där barn vistas, till exempel skolor, för att undersöka hur förhållandena ser ut, exempelvis vilka utrymmen som används och hur kemikalier förvaras, och tillsyn av konsumentprodukter för att se till att produkterna är säkra att använda, inklusive vilken typ av information för säker användning som når konsumenterna.

## 1.3 Ämnen i LCD-skärmar

### 1.3.1 Sammanfattning från 2020 års rapport

Ämnen i LCD (Liquid Crystal Display)-skärmar identifierades i Toxikologiska rådets årsrapport 2020 som en prioriterad ämnesgrupp för vidare utredning. LCD-skärmar används inom många olika områden, från små skärmar i klockor, mobiltelefoner och instrumentpaneler, till stora skärmar och skyltar. LCD-skärmar innehåller LCM (Liquid Crystal Monomer)-ämnen som vid rumstemperatur är i delvis flytande och delvis fast form. Dessa används i LCD-skärmar på sådant sätt att de inte är kemiskt bundna till något material, utan flödar fritt på ett vätskeliknande sätt.

Flera LCM är persistenta och bioackumulerande. Ett antal LCM i mobiltelefoner har visat sig innehålla fluor och har identifierats som vPvB (very persistent, very bioaccumulating).

Höga halter av ett flertal LCM som används i mobiltelefoner har hittats i inomhusmiljö i Kina<sup>13</sup> och LCM har även hittats i en kinesisk studie i blod och bröstmjölk<sup>14</sup>. En svensk pilotstudie finansierad av Naturvårdsverket har visat att LCM kan detekteras i inomhusdamm från kontor, förskolor, vardagsrum och andra inomhusmiljöer.<sup>15</sup> Kunskapen om dessa ämnens förekomst i inomhusmiljö, human exponering i hem- och vardagsmiljö samt yrkesmässig exponering vid tillverkning, återvinning och reparation av skärmar är bristfällig.

Det saknas även i stor utsträckning kunskap om LCM-ämnens toxicitet. De importeras i huvudsak i varor och är således inte registrerade i Reach, alternativt enbart registrerade som lågvolyam-ämnen. Även i den vetenskapliga litteraturen är informationen om ämnens toxicitet begränsad.

### 1.3.2 Pågående arbete

Naturvårdsverket finansierade 2021 en litteratursammanställning och screeningundersökning av LCM i avloppsslam. Problem med extraktion samt matriseffekter innebar dock att inga LCM kunde kvantifieras i proverna.<sup>16</sup>

---

<sup>13</sup> Su et al. 2019. Persistent, bioaccumulative, and toxic properties of liquid crystal monomers and their detection in indoor residential dust. PNAS | December 26, 2019 | vol. 116 | no. 52  
<https://doi.org/10.1073/pnas.1915322116>

<sup>14</sup> Yang, U., Wang, X., Niu, Y., Chen, X., Shao, B. 2020. Fluorinated liquid-crystal monomers in paired breast milk and indoor dust: A pilot prospective study. Environ. Int. 176: 107993.  
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.107993>

<sup>15</sup> Dubocq, F., Kärrman, A., Gustavsson, J. & Wang, T. (2021). Comprehensive chemical characterization of indoor dust by target, suspect screening and nontarget analysis using LC-HRMS and GC-HRMS. Environmental Pollution, 276.

<sup>16</sup> Wang, T., Musse, A.A. 2024. Literature survey on the environmental contamination of liquid crystal monomers (LCMs) and a pilot study on their occurrence in sewage sludge from Sweden, Rapport till Naturvårdsverket. urn:nbn:se:naturvardsverket:diva-10890

Toxikologiska rådet inväntar resultat från en retrospektiv screeningstudie (finansierad av Kemikalieinspektionen) där förekomst av LCM i blod från en mindre grupp individer undersöks. Resultat väntas under 2024. Då denna studie inte specifikt är utformad för att upptäcka LCM-ämnen kan ytterligare analyser av förekomst i humant blod behövas.

### **1.3.3 Identifierade behov**

Toxikologiska rådet anser att LCM är en prioriterad ämnesgrupp för fortsatt utredning som en ny potentiell kemikalierisk. Undersökningar behövs av ämnenas förekomst i inomhusmiljö, exponering av människa och potentiella effekter. Eventuell förekomst av LCM i humant blod skulle ytterligare stärka slutsatsen, men rådet anser att LCM bör prioriteras även utan sådana resultat.

## **2 Prioriterade områden för fortsatt utredning**

### **2.1 Joniska vätskor**

#### **2.1.1 Sammanfattning från 2022 års rapport**

Toxikologiska rådet identifierade 2022 joniska vätskor som ett prioriterat område för fortsatt utredning. Joniska vätskor är salter av stora organiska byggstenar i form av positiva och negativa joner (katjoner och anjoner) som är flytande vid rumstemperatur.

Kombinationsmöjligheterna är i det närmaste oändliga och antalet joniska vätskor på marknaden är mycket stor. De har hög elektrokemisk och termisk stabilitet, lågt ångtryck och är värmetåliga.

Användningen av joniska vätskor har ökat och de marknadsförs som ”gröna” (miljövänliga) alternativ till lösningsmedel. Den globala marknaden för joniska vätskor översteg 1,4 miljarder USD 2020 och förutspås växa med 18,4 % till 2027.<sup>17</sup> Det finns även fluorerade joniska vätskor som används i Li-jonbatterier.<sup>18</sup>

Flera studier har påvisat förekomst av joniska vätskor i europeiska vattendrag, både i sediment och ytvatten.<sup>19</sup> De flesta miljöövervakningsstudier har fokuserat på ammoniumkatjoner medan förekomsten av andra föreningar är mycket mindre undersökt. Joniska vätskor är kolgedjor av olika längder med både fett- och vattenlösliga delar (amfifila), de är rörliga i mark och ofta persistenta.<sup>20</sup> Dessa egenskaper gör att de kan ackumuleras både i den terrestra och akvatiska miljön.

---

<sup>17</sup> Ionic Liquids Market Size and Share | Industry Outlook - 2027 (gminsights.com).

<sup>18</sup> Galiński, M., Lewandowski, A., Stepniak, I. (2006). Ionic liquids as electrolytes. *Electrochimica Acta*, 2006, Volume 51, Issue 26; 5567-5580. ISSN 0013-4686, <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2006.03.016>

<sup>19</sup> Maculewicz, J. et al (2022). Ionic liquids as potentially hazardous pollutants: Evidences of their presence in the environment and recent analytical developments. *Journal of Hazardous Materials*, Volume 437, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.129353>.

<sup>20</sup> Oskarsson, A. and Wright, M.C. Ionic Liquids: New Emerging Pollutants, Similarities with Perfluorinated Alkyl Substances (PFASs). *Environ. Sci. Technol.* 2019, 53, 18, 10539–1054).

Det saknas information om toxicitet för många joniska vätskor men både indikationer på humana levereffekter och akut toxicitet hos vattenlevande organismer har rapporterats.<sup>21 22 23</sup>  
<sup>24 25</sup> Eftersom joniska vätskors strukturer varierar mycket har de sannolikt flera olika verkningsmekanismer som också kan variera mellan arter.

### **2.1.2 Ny information**

Ett examensarbete i samverkan mellan Kemikalieinspektionen och Karolinska institutet med syfte att närmare identifiera potentiella joniska vätskor som används i Sverige utfördes under 2023.<sup>26</sup> Arbetet baserades på sökningar i litteratur och databaser. Resultaten visade en ökande användning av joniska vätskor i Sverige i många olika produkter och med flera användningsområden, till exempel färger, desinfektionsmedel, konserveringsmedel och kosmetika. Joniska vätskor baserade på två huvudkategorier, ammonium och imidazolium, var de mest använda grupperna. Ammoniumbaserade joniska vätskor var de som användes i de högsta volymerna och rapporteras också generellt sett vara den grupp av joniska vätskor som har lägst toxicitet. Imidazoliumbaserade joniska vätskor är den mest toxiska gruppen enligt litteratursökningen. Data från det svenska produktregistret visar en ökande användning i Sverige.

### **2.1.3 Identifierade behov**

Examensarbetet visade att joniska vätskor används i Sverige och att användningen ökar. Frågeställningarna som identifierades 2022 kvarstår, exempelvis kring toxicitet samt exponering av människa och miljö. Det behövs även en djupare analys kring användningen. Arbetet med detta är dock så omfattande att särskilda resurser behövs för uppgiften. Toxikologiska rådet har inte haft möjlighet att utreda frågan djupare för att avgöra om joniska vätskor utgör en ny potentiell kemikalierisk.

## **3 Metodutveckling för systematisk identifiering och prioritering av nya potentiella kemikalierisker**

Ledamöterna i Toxikologiska rådet identifierar signaler från omvärlden som indikerar nya potentiella kemikalierisker. Signalerna analyseras och prioriteras gemensamt i syfte att identifiera vidare behov av utredning eller åtgärder. Toxikologiska rådets metod för identifiering och prioritering av potentiella kemikalierisker bygger till stor del på ledamöternas expertkunskap. Toxikologiska rådet anser att det behövs ett mer systematiskt tillvägagångssätt som komplement för att identifiera nya potentiella kemikalierisker.

---

<sup>21</sup> Probert, P. M. et al (2018). Identification of a xenobiotic as a potential environmental trigger in primary biliary cholangitis. *J. Hepatol.* 2018, 69 (5), 1123–1135.

<sup>22</sup> Wei, P. et al. Emerging impacts of ionic liquids on eco-environmental safety and human health. *Chem. Soc. Rev.* 2021 DOI: 10.1039/d1cs00946j

<sup>23</sup> Oskarsson, A. and Wright, M.C. Ionic Liquids: New Emerging Pollutants, Similarities with Perfluorinated Alkyl Substances (PFASs). *Environ. Sci. Technol.* 2019, 53, 18, 10539–1054).

<sup>24</sup> Thamke, V., Singh, P., et al. Current toxicological insights of ionic liquids on various environmental living forms, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, Volume 10, Issue 2,

<sup>25</sup> Cho, C-W. et al. Review of the toxic effects of ionic liquids. *Science of the Total Environ* 786 (2021) 147309

<sup>26</sup> Identification of Ionic Liquid Substances and their Toxicity Profiling. Persa Xyderou. Examensarbete vid Karolinska Institutet 2023

### **3.1 Metodutveckling för ökad samordning och identifiering av potentiella kemikalierisker baserat på hälsorelaterade data hos AMM-klinikerna och inom HÄMI**

Toxikologiska rådet har under 2023 diskuterat möjligheterna att öka samordningen mellan de sju regionala Arbets- och miljömedicinska (AMM) klinikerna i Sverige, den hälsorelaterade miljöövervakningen (HÄMI), Toxikologiska rådet och andra relevanta verksamheter.

#### **3.1.1 AMM-klinikerna**

På landets sju regionsjukhus finns kliniker för Arbets- och miljömedicin. Uppdragen för de sju klinikerna skiljer sig något åt mellan regionerna, men är i princip att vara en expertinstans för bedömning av samband mellan exponeringar i arbetsmiljön eller omgivningsmiljön och negativa hälsoeffekter, samt att vara ett regionalt kompetenscentrum för att förebygga arbets- och miljörelaterad sjuklighet. Klinikerna har god kontakt med regionens arbetsplatser och får in många exponeringsrelaterade frågor från arbetsgivare, fackföreningar, företagshälsovård, privatpersoner och andra frågeställare. Det finns ingen nationell samordning utan varje klinik arbetar utefter sitt regionala uppdrag. Däremot finns goda kontakter mellan medarbetarna. Varje klinik är också nära knuten till en enhet på universitetet där det genomförs forskning och utbildning, bland annat för läkarstudenter.

#### **3.1.2 Hälsorelaterad miljöövervakning**

Hälsorelaterad miljöövervakning (HÄMI) är ett av de nationella miljöövervakningsprogram som Naturvårdsverket ansvarar för. Syftet med HÄMI är att långsiktigt övervaka exponering för miljöfaktorer som kan påverka människors hälsa. Det görs bland annat genom att mäta exponeringen för miljögifter i humanprover. Befolkningsgrupper som undersöks inom HÄMI är till exempel barn och unga eller kvinnor i olika åldrar. Resultaten används som underlag vid riskbedömningar och regleringar. En utmaning inom HÄMI är att studierna ofta är små och regionala, att det är svårt att koppla exponeringen till hälsoeffekter samt att det behövs metodutveckling för att kunna mäta exponering för nya ämnen. Utmaningarna medför även att det är svårt för Sverige att delta i EU-projekt, som till exempel EU-projektet PARC<sup>27</sup>, där ett deltagande inom området human biomonitoring kräver en nationellt representativ provtagning på människor.

#### **3.1.3 Bättre samordning av AMM-klinikerna, HÄMI och andra aktörer – möjligheter och utmaningar**

AMM-klinikerna kommer genom sitt arbete i kontakt med kemikalierisker för människors hälsa både i yttre och inre miljö samt i arbetsmiljön. Frågor som inkommit till AMM-klinikerna är en relevant informationskälla för identifiering av (nya) potentiella kemikalierisker för människors hälsa. Potentiella kemikalierisker som identifieras kan lyftas inom ramen för Toxikologiska rådet och rapporteras för vidare hantering. Återkoppling från Toxikologiska rådet kan också ge AMM-klinikerna information om vad som är nytt inom specifika områden eller om signaler kring potentiella kemikalierisker som identifierats via andra källor.

AMM-klinikerna har i huvudsak ett regionalt uppdrag och det saknas en övergripande samordning. Det finns ingen gemensam databas över genomförda kemiska analyser och resultat. Det finns heller ingen samordning mellan de kemiska analyser som görs vid AMM-

---

<sup>27</sup> Partnership for the Assessment of Risks from Chemicals | Parc (eu-parc.eu)

klirikerna och de analyser av olika befolkningsgrupper som görs inom HÄMI. Exponeringen är ofta hög i arbetsmiljön vilket gör att potentiella kemikalierisker för människors hälsa många gånger först identifieras där. Arbetsmiljön är därför central att följa upp samtidigt som det finns ett behov av att undersöka allmänhetens exponering genom uppföljning via HÄMI.

Genom en ökad samordning mellan och inom AMM-klinikerna och HÄMI skulle både kunskapsutbyte och mer systematisk informationsöverföring och samverkan kring utrednings- och analysbehov främjas. Dessutom bör man undersöka möjligheterna att i större utsträckning dela och använda data från AMM-klinikernas verksamhet och inom HÄMI som ett stöd för att identifiera och prioritera (nya) potentiella kemikalierisker.

AMM-klinikerna är dessutom viktiga utförare inom HÄMIs verksamhet. Med en ökad samverkan mellan HÄMI och AMM-klinikerna skulle en infrastruktur för provinsamling på nationell nivå kunna utvecklas. En ökad samverkan skulle också kunna underlätta att dela information om pågående och planerade undersökningar. Det skulle också kunna medföra effektiviseringar av resurser samt att kopplingen mellan forskningen och HÄMI stärks.

En ökad samordning av AMM-klinikerna och arbetet inom HÄMI bedöms också ge positiva effekter på det utökade beredskapsarbetet inför kris och krig som görs i Sverige idag. Data som i dagsläget samlas in avseende human- och miljöparametrar kan samordnas och ge information om både bakgrunds nivåer och för att utvärdera konsekvenser av särskilda händelser. En utökad nationell samordning och ett mer utvecklat samarbete ger större förutsättningar för kompetensuppbyggnad, stabilitet och robusthet i kris och krig.

Behovet av samordning av miljörelaterad hälsa mellan myndigheter har tidigare lyfts på nationella HÄMI-möten och utgör en del av Miljömålsrådets programområde Hälsa som drivkraft för miljömålen och hållbar utveckling. AMM-klinikerna har identifierats som viktiga aktörer för utvecklingen. Toxikologiska rådet har inlett ett pilotprojekt för att undersöka vilket intresse som finns hos AMM-klinikerna och inom HÄMI för ökad samordning, samt vilka behov och möjligheter som finns. Arbetet med metodutveckling för ökad samordning kommer att fortsätta under 2024 om det finns ett intresse hos relevanta aktörer, och kan också komma att involvera ytterligare aktörer och datainsamlingar. Rådet bedömer att ökad samverkan och erfarenhetsutbyte kan ge flera fördelar på både kort och lång sikt.

### **3.2 Systematisk analys och prioritering av stora datamängder**

Under 2020 påbörjades ett projekt i syfte att utveckla metodik som möjliggör att utifrån stora datamängder, såsom det svenska produktregistret eller storskaliga kartläggningar av kemikalier i olika material, identifiera och prioritera ämnen med potentiellt hälso- och miljöfarliga egenskaper.<sup>28 29</sup> Projektet finansierades av Kemikalieinspektionen och under 2022 vidareutvecklades metodiken av forskare vid Umeå universitet samt Göteborgs universitet. Under 2020 och 2021 var fokus på metodutveckling och automatisering, men det gjordes även beräkningar på hälso- och miljödata för att kunna identifiera potentiella riskkemikalier. Fokus under 2022 var att kvalitetsgranska och beskriva giltighetsområdet för modeller och data för att kunna leverera mer tillförlitliga listor med misstänkta riskkemikalier. Under 2023 har inte något ytterligare arbete utförts inom området. Däremot pågår närliggande studier inom EU-

---

<sup>28</sup>Toxikologiska rådet (2021). Research report 2021. Methods for early identification of chemicals that have the potential to harm human health or the environment. Rapport 1/21

<sup>29</sup>Toxikologiska rådet (2022). Research report 2022. Methods for early identification of chemicals that have the potential to harm human health or the environment. Improvement of workflow and application for identification of NERCs in the Danish EPA database on articles. Rapport 1/22.

projektet PARC som delvis nyttjar data och kunskap från projekt i Toxikologiska rådet. Dessa aktiviteter kommer att fortsätta under 2024 och utgöra möjligheter till samarbete med rådet.

## 4 Övriga diskussioner i Toxikologiska rådet

### 4.1 Åtgärder för att minska upptag och exponering för kadmium

#### 4.1.1 Sammanfattning från 2017–2018 års rapport

Kadmium är inte ett nytt problem, men befolkningens exponering för kadmium via livsmedel uppvisar ingen minskande trend. Nuvarande exponeringsnivå kan sannolikt påverka folkhälsan, till exempel genom ökad risk för benskörhet eller nedsatt njurfunktion. Utsläpp av kadmium från fossila bränslen, (mineral)gödsel och industriell verksamhet hamnar i marken. Växter tar upp kadmium från marken vilket i sin tur gör att livsmedel förorenas. Toxikologiska rådet påpekade i årsrapporten 2017–2018 att ytterligare åtgärder krävs för att minska exponeringen för kadmium via livsmedel och uppmanade till åtgärder för att minska kadmiumutsläppen. Vidare rekommenderades en översyn av befintliga gränsvärden i livsmedel i syfte att göra dessa hälsobaserade.

Efter beslut från SamTox 2019 har en arbetsgrupp med representanter från Kemikalieinspektionen, Naturvårdsverket, Livsmedelsverket, Jordbruksverket och SGU etablerats med uppdrag att ta fram en nationell kadmiumstrategi med åtgärdsförslag. Sverige har länge haft hög ambition i arbetet för sänkta halter av kadmium i svenskproducerade livsmedel.

Tillförseln av kadmium till svensk åkermark ökade fram till 1970-talet men har sedan dess minskat avsevärt, främst genom minskad tillförsel från mineralgödsel och från luftdeposition. De senaste decennierna har halterna i mark och gröda varit tämligen stabila. Det kan förklaras av att tillförseln till åkermarken är ungefär lika stor som bortförseln genom skörd och läckage till omgivningen samt att de mängder kadmium som finns i åkermarkens matjordsskikt är mycket stora i förhållande till den årliga tillförseln.

#### 4.1.2 Ny information

Inom arbetet med kadmiumstrategin har en rad möjliga åtgärder på olika nivåer för att på sikt minska kadmiumexponeringen i befolkningen identifierats. Arbetsgruppen konstaterar att åtgärder som riktas mot tillförseln av kadmium till åkermark är viktiga i ett längre tidsperspektiv för att minska exponeringen medan åtgärder som vidtas i jordbruket för att motverka upptag i grödor kan ge snabbare effekter. En kunskapssammanställning av befintliga jordbruksåtgärder och behov av vidare utveckling har tagits fram på uppdrag av de myndigheter som ingår i kadmiumstrategin.<sup>30</sup> Kunskapssammanställningen visar att det finns flera jordbruksåtgärder som har potential att minska kadmiuminnehållet i ätbara delar av grödor men att det behövs mer forskning och fältförsök för att få fram underlag till exempelvis rådgivning eller andra typer av styrmedel.

Upptaget i grödor kan minska genom aktiv förändring av markegenskaper eller tillförsel av olika ämnen. Kalktillstånd, och därmed pH-värde i marken, samt användning av kvävegödsling är faktorer som kan påverka potential att binda kadmium i marken och därmed också upptaget. Även tillförsel av biokol, kisel eller selen har visat sig kunna minska

---

<sup>30</sup> Jordbruksverket OVR664, Jordbruksåtgärder för att minska kadmium i grödor, oktober 2023



upptaget, men effekten varierar och fler försök behövs för att utreda effekterna i fält. För att öka kunskapen om hur olika faktorer påverkar upptag och ackumulering av kadmium i grödor behövs fleråriga försök där samma sorter odlas på olika platser och med olika odlingsåtgärder.

Växters förmåga att ta upp och ackumulera kadmium i de ätliga delarna skiljer sig mellan arter, men även mellan relativt närbesläktade arter och sorter inom samma gröda. Mängden kadmium som tas upp och ackumuleras i de ätliga delarna beror delvis på genetiska faktorer. Det bedöms därför finnas goda förutsättningar att ta fram sorter med lågt kadmiumupptag med hjälp av växtförädling. Kortsiktigt utgör indirekta urvalsmetoder såsom markörassisterad eller genomisk selektion lovande alternativ för att kunna effektivisera och påskynda förädlingsprocessen.

Det finns också behov av mer detaljerade kartläggningar av kadmiumhalter i åkermark och grödor för att på ett bättre sätt kunna identifiera riskområden. Ny teknik, som marksensorer och digital markkartering, gör det lättare att genomföra kartläggningar. De första fungerande modellerna för att prediktera kadmiumhalt i mark har utvecklats och detaljerade kartor över halt i matjord i större delen av åkermarken i Sverige har tagits fram. Det saknas fortfarande avancerade modeller för att direkt kunna prediktera kadmiumhalt i grödor. En sådan modell är svår att ta fram eftersom upptaget av kadmium i växter bestäms av ett dynamiskt samspel av många faktorer. Jämförelser mellan analysdata av halter i grödor och predikerad halt i mark har dock använts för att lokalisera områden i Sverige där det finns stor sannolikhet för höga halter i grödor generellt.

Gränsvärden för kadmium i livsmedel regleras på EU-nivå.<sup>31</sup> Vid en revidering 2021 sänktes gränsvärden för ris och vissa typer av spannmål. Det är dock viktigt att notera att dessa gränsvärden inte är riskbaserade, i den meningen att de helt skyddar människor från exponering för kadmium på hälsofarliga nivåer. Gränsvärdena bestäms i stället utifrån den så kallade ALARA-principen ('*As low as reasonably achievable*'), vilket i praktiken innebär att gränsvärdet sätts på en nivå där endast de livsmedel som har högst halter sorteras bort. För att åstadkomma en sänkning av gränsvärdena behöver således den generella förekomsten av kadmium i livsmedel minska.

Livsmedelsverket beslutade 2022 att sänka det nationella gränsvärdet för kadmium i dricksvatten från 5 till 0,5 mikrogram per liter. Gränsvärdet träder i kraft från 2026.<sup>32</sup>

Behov att se över gränsvärden har även lyfts i andra delar av världen. Det kanadensiska miljöministeriet (Canadian Council of Ministers of the Environment, CCME) håller på att se över en del av sina riktvärden (Soil quality guidelines) för kadmium i mark.

Naturvårdsverkets existerande generella riktvärden för förorenad mark i Sverige<sup>33</sup> är dock lägre än de som nu föreslås i Kanada.

#### **4.1.3 Identifierade behov**

Trots att både den höga exponeringen för kadmium och effekter är välkända har det hittills varit svårt att få gehör för åtgärdsbehov, på nationell nivå såväl som inom EU.

Toxikologiska rådet delar kadmiumstrategigruppens bedömning att det behövs mer forskning och utveckling bland annat kring växtsorter med låg ackumulering av kadmium, påverkan på kadmiumupptag vid tillförsel av biokol, selen och kisel till åkermarken samt metoder för

---

<sup>31</sup> Förordning 2023/915, EU-förordning 2023/915 (livsmedelsverket.se)

<sup>32</sup> Livsmedelsverkets föreskrift (LIVSFS) 2022:12

<sup>33</sup> Riktvärden för förorenad mark (naturvardsverket.se)

identifiering av områden med höga kadmiumhalter för att kunna sätta in rätt åtgärder på rätt plats och anpassa livsmedelsproduktionen till rådande odlingsförhållanden.

## 4.2 Human exponering för bekämpningsmedel

Toxikologiska rådet har under 2023 diskuterat trender i human exponering för bekämpningsmedel och betydelsen av långa övervakningsserier. Långa övervakningsserier möjliggör trendanalyser och identifiering av potentiella ökande risker med förändrade användningsmönster, till exempel på grund av klimatförändringar eller ändrade kostvanor. Bland de bekämpningsmedel som diskuterats finns klortalonil, tebukonazol och klorpyrifos.

Toxikologiska rådet kommer fortsatt att följa utvecklingen vad gäller trender för bekämpningsmedel.

### 4.2.1 Klortalonil

Klortalonil är en bredspektrumfungicid som förbjudits i EU 2019 och som inte varit godkänd i Sverige sedan början av 1990-talet, men som fortfarande används i delar av världen vid livsmedelsproduktion. Det finns indikationer på att hydroxyklortalonil (HCT), en omvandlingsprodukt av klortalonil, kan vara mer toxiskt och beständigt i miljön än klortalonil.

HCT har uppmätts i blod från gravida kvinnor i en svensk studie med arkiverade prov från 1997–2015<sup>34</sup>. HCT detekterades i alla svenska prover med en medianhalt på 4,1 µg HCT /l serum. En tydlig säsongsvariation med högre koncentrationer under våren observerades. Serumnivåerna minskade med antalet barn en kvinna fött medan ökande ålder var associerad med ökande halter. Preliminära data från 2022 indikerar även de på en fortsatt HCT-exponering i Sverige. Halter av HCT kommer att kvantifieras i prov från barn i Livsmedelsverkets undersökning Riksmaten småbarn.<sup>35</sup> Riksmaten småbarn är en matvaneundersökning där prover samlas in från ett urval av deltagarna och där biomonitoreringsdelen delfinansieras av Naturvårdsverket.

Rådet kommer fortsatt att följa och bevaka förekomst av metaboliter av klortalonil i den svenska befolkningen.

### 4.2.2 Tebukonazol och klorpyrifos

Tebukonazol och klorpyrifos är två hälso- och miljöfarliga bekämpningsmedel. Tebukonazol är identifierad som kandidat för substitution under växtskyddsmedelsförordningen<sup>36</sup> och klorpyrifos förbjöds i EU 2020. Användningen av tebukonazol i Sverige har ökat från 0,1 ton 2017 till 29,3 ton 2022.

Ökande halter har observerats för tebukonazol och klorpyrifos (biomarkörer i urin) under 2000–2017 i övervakningen av unga vuxna.<sup>37</sup>

---

<sup>34</sup> Kraiss AM, de Joode BVW, Liljedahl ER, Blomberg AJ, Rönnholm A, Bengtsson M, Cano JC, Hoppin JA, Littorin M, Nielsen C, Lindh CH. Detection of the fungicide transformation product 4-hydroxychlorothalonil in serum of pregnant women from Sweden and Costa Rica. *J Expo Sci Environ Epidemiol*. 2023 Jul 20. Online ahead of print.

<sup>35</sup> [Matvanor - undersökningar \(livsmedelsverket.se\)](https://www.livsmedelsverket.se/matvanor-undersokningar)

<sup>36</sup> Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1107/2009 om utsläppande av växtskyddsmedel på marknaden.

<sup>37</sup> Norén E, Lindh C, Rylander L, Glynn A, Axelsson J, Littorin M, Faniband M, Larsson E, Nielsen C. Concentrations and temporal trends in pesticide biomarkers in urine of Swedish adolescents, 2000-2017. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology* 2020;30(4):756-767.

Under 2022 uppmättes en minskning av klorpyrifos i urin jämfört med 2017. Förbudet mot användning i EU 2020 förklarar sannolikt den observerade minskningen. Halterna tebukonazol fortsatte däremot att öka fram till senaste mätningen 2022.<sup>38</sup>

För tebukonazol låg medianhalten i urin på 0,02 µg /l (mätt som hydroxytebukonazol) år 2020 och fram till 2022 ses en ytterligare ökning till 0,21 µg /l. Fyndfrekvensen av tebukonazol i ytvatten och nederbörd har ökat kraftigt mellan 2018 och 2022 (tabell 1).

**Tabell 1:** Tebukonazol i ytvatten, nederbörd och luft. Data från den nationella miljöövervakningen (SLU på uppdrag av Naturvårdsverket).

Fyndfrekvens (antal prover)	2018	2019	2020	2021	2022
ytvatten	13% (162)	38% (197)	61% (119)	64% (155)	57% (159)
grundvatten	0% (56)	0% (45)	0% (43)	0% (51)	0% (60)
sediment	1 av 6	1 av 6	0	6 av 6 <sup>1</sup>	5 av 6 <sup>1</sup>
luft	<i>ingick ej</i>	9 av 10	8 av 10	6 av 8	saknas <sup>2</sup>
nederbörd	11% (44)	28% (40)	41% (34)	46% (28)	38% (26)

<sup>1</sup>Ny provtagningsmetod för sediment: fälla (juni-september) i stället för grab sample i september, förutom ett prov 2022 (där det inte var något fynd).

<sup>2</sup>Analyser saknas då en ny metod är under utveckling

Tebukonazol detekterades inte i Livsmedelsverkets resthaltsanalyser av svenska matvaror. Det detekteras sällsynt i varor som importerats men ingen ökande trend kan ses.

Rådet kommer fortsatt att följa och bevaka exponering av människa och miljö för tebukonazol.

## 4.3 6PPD och fiskdöd

### 4.3.1 Sammanfattning från 2022 års rapport

Toxikologiska rådet har tidigare identifierat N-(1,3-dimetylbutyl)-N'-fenyl-p-fenylenediamin (6PPD) som ett prioriterat område för fortsatt utredning. 6PPD-kinon (en omvandlingsprodukt av 6PPD) har uppmärksamats på senare år då ämnet orsakat återkommande laxdöd utefter amerikanska västkusten. 6PPD är en antioxidant med användning i många olika typer av material, bland annat i bildäck men också i material som förekommer i inomhusmiljö. Vid analyser av avrinning från vägbanor har man i flera länder funnit både 6PPD och dess omvandlingsprodukter inklusive 6PPD-kinon. Ytterligare omvandlingsprodukter till 6PDD har identifierats, men det är inte klart hur de olika produkterna påverkar toxiciteten.<sup>39</sup>

<sup>38</sup> "Urin- och serumhalter av organiska miljöföroreningar hos unga vuxna i skåne år 2000 – 2022 - resultat från den sjätte delstudien 2022" Norén et al (preliminär rapport till naturvårdsverket)

<sup>39</sup> Haoqi Nina Zhao, H.N. et al (2023). Screening p-Phenylenediamine Antioxidants, Their Transformation Products, and Industrial Chemical Additives in Crumb Rubber and Elastomeric Consumer Products. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c07014>

Fiskstudier visar en extrem skillnad i känslighet mellan närstående arter. När det gäller nordiska arter uppger en norsk studie att varken lax, öring eller röding är känsliga medan bäckröding är känslig.<sup>40</sup>

I studier på försöksdjur (råtta) har moderdjur dött vid födandet vid en exponeringsnivå av 6PPD på 20 mg/kg/dag, vilket indikerar en relativt hög potens för reproduktionseffekter i däggdjur.<sup>41</sup> Ungarnas överlevnad var också nedsatt vid något högre exponeringsnivåer.

Enligt registreringar inom ramen för kemikalielagstiftningen Reach<sup>42</sup> är användningen av 6PPD i EU mycket stor (10 000–100 000 ton/år).

Toxikologiska rådets slutsats 2022 var att det behövs en sammanställning av (eko)toxikologiska data för 6PPD och dess omvandlingsprodukter, framför allt metaboliten 6PPD-kinon. Det vore önskvärt med mer data om 6PPD och metaboliternas toxicitet för svenska fiskarter, andra arter så som groddjur och även data av human relevans.

### **4.3.2 Ny information**

#### **4.3.2.1 Förekomst i svenska vatten**

Under 2023 har förekomst av 6PPD och 6PPD-kinon i olika typer av vatten i Sverige undersökts i screening-studier.

Umeå universitet har på uppdrag av Naturvårdsverket analyserat utgående avloppsvatten samt vägdagvatten och vatten från ett dagvattenmagasin.<sup>43</sup> I utgående avloppsvatten uppmättes låga halter 6PPD och 6PPD-kinon (<0,3–1,7 ng/l respektive 3,7–14 ng/l). I dagvatten från Essingeleden samt Gröndalsmagasinet var halterna högre: 670–1700 ng/l för 6PPD respektive 190–380 ng/l för 6PPD-kinon. I ett ytterligare pågående projekt finansierat av Naturvårdsverket analyserar SLU 6PPD och 6PPD-kinon i utgående avloppsvatten samt uppströms och nedströms reningsverk. Vid de två första provtagningstillfällena har uppmätta halter generellt varit under kvantifieringsgränserna (<13 respektive 1,1 ng/l).

Vidare ingick analys av 6PPD och 6PPD-kinon i det stora analyspaketet av organiska föroreningar som analyserats i 34 kustmynnande vattendrag under 2022–2023. Analyserna utfördes av SLU på uppdrag av Havs- och vattenmyndigheten. 6PPD påträffades inte över kvantifieringsgränsen i något av de undersökta vattendragen (<13 ng/l). Vid två av tre provtagningstillfällen uppmättes inte heller 6PPD-kinon över kvantifieringsgränsen (<1,1 ng/l), med undantag för två prov. Vid höstprovtagningen 2023 uppmättes däremot 6PPD-kinon i de flesta (33 av 34) undersökta vattendrag. Uppmätta halter var upp till 48 ng/l och medelvärdet var 15 ng/l. Förekomst av 6PPD och 6PPD-kinon kan förväntas vara högre i vattendrag med stor påverkan från vägdagvatten.

---

<sup>40</sup> Foldvik et al (2022). Acute Toxicity Testing of the Tire Rubber-Derived Chemical 6PPD-quinone on Atlantic Salmon (*Salmo salar*) and Brown Trout (*Salmo trutta*). *Environ Toxicol Chem.* 2022 Dec;41(12):3041-3045. doi: 10.1002/etc.5487. Epub 2022 Nov 7.

<sup>41</sup> ECHA registreringsdossier för 6PPD från 2022

<sup>42</sup> Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1907/2006 om registrering, utvärdering, godkännande och begränsning av kemikalier (Reach) och inrättande av en europeisk kemikaliemyndighet

<sup>43</sup> Haglund, 2023. Pilotstudie av analys av 6PPD och 6PPD-quinone i avloppsvatten. Rapport till Naturvårdsverket. urn:nbn:se:naturvardsverket:diva-10768

#### 4.3.2.2 Toxicitet

Studier av 6PPD-kinon har visat att LC50, det vill säga den koncentration vid vilken 50 % av fisken dör, är 41 ng/l för juvenil silverlax (coholax)<sup>44</sup> och 95 ng/l för minst ettårig silverlax<sup>45</sup>. Uppmätta halter av 6PPD-kinon i vissa svenska kustmynnande vattendrag är stundtals i nivå med halter som visat sig vara akuttoxiska för den juvenila silverlaxen. Den lax som finns i svenska vattendrag har visat sig vara mindre känslig än silverlax.<sup>46</sup> Skillnaden i känslighet mellan fiskarter kan bero på olika förmåga att metabolisera 6PPD-kinon.<sup>47</sup> De ekotoxikologiska studier som gjorts med andra vattenlevande organismgrupper har hittills visat på låg toxicitet. Det kan dock inte uteslutas att det finns känsliga arter även bland andra organismgrupper än fisk. Det vore önskvärt med mer data om toxicitet för arter som förekommer i svensk miljö. Det skulle vidare behövas mer data avseende kroniska effekter för att kunna bedöma om ämnet utgör en risk.

(Eko-)toxikologiska studier med modellorganismer (fisk, rundmask, mus) har visat att 6PPD-kinon ackumulerar i flera olika organ och potentiellt kan ämnet även ha kroniska effekter till följd av till exempel neurotoxicitet, utvecklingstoxicitet, reproduktionstoxicitet, det kan vara toxiskt för lever och hjärta samt orsaka olika histologiska skador.<sup>48</sup> Studier på mus har vidare visat att ämnet kan passera blod-placentbarriären och därmed överföras från mamma till foster samt passera blod-hjärnbarriären.<sup>49, 50</sup>

Uppgifter om humanexponering är begränsade. Två biomonitoreringsstudier av urin i Kina har publicerats.<sup>51,52</sup> Mönster som ses i de undersökningarna är att halterna är högre hos unga jämfört med äldre, högre hos kvinnor än män, samt högre hos gravida. 6PPD-kinon har även visats förekomma i human cerebrospinalvätska. I en mindre studie (24 deltagare) uppmättes dubbelt så höga halter i prover från patienter med Parkinson jämfört med kontroll.<sup>53</sup> I en

---

<sup>44</sup> Lo BP, Marlatt VL, et al. Acute Toxicity of 6PPD-Quinone to Early Life Stage Juvenile Chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*) and Coho (*Oncorhynchus kisutch*) Salmon. *Environ Toxicol Chem.* 2023 Apr;42(4):815-822. doi: 10.1002/etc.5568. PMID: 36692118.

<sup>45</sup> Tian, Z., Gonzalez, M., et al. (2022). 6PPD-quinone: Revised toxicity assessment and quantification with a commercial standard. *Environmental Science & Technology Letters*, 9(2), 140–146. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.1c00910>

<sup>46</sup> Foldvik A, Kryuchkov F, Sandodden R, Uhlig S. Acute Toxicity Testing of the Tire Rubber-Derived Chemical 6PPD-quinone on Atlantic Salmon (*Salmo salar*) and Brown Trout (*Salmo trutta*). *Environ Toxicol Chem.* 2022 Dec;41(12):3041-3045. doi: 10.1002/etc.5487. Epub 2022 Nov 7. PMID: 36148925; PMCID: PMC9828523.

<sup>47</sup> <https://doi.org/10.1021/acs.est.3c06891>

<sup>48</sup> Hua, X., Wang, D. 2023. Tire-rubber related pollutant 6-PPD quinone: A review of its transformation, environmental distribution, bioavailability, and toxicity. *Journal of Hazardous Materials* 459: 132265 <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.132265>

<sup>49</sup> Zhao, H.N., Thomas, S.P., Zylka, M.J., Dorrestein, P.C., Hu, W. 2023. Urine Excretion, Organ Distribution, and Placental Transfer of 6PPD and 6PPD-Quinone in Mice and Potential Developmental Toxicity through Nuclear Receptor Pathways. *Environ. Sci. Technol.* 57, 36, 13429–13438. <https://doi.org/10.1021/acs.est.3c05026>

<sup>50</sup> Zhang, J., Cao, G., et al. 2024. Stable isotope-assisted mass spectrometry reveals in vivo distribution, metabolism, and excretion of tire rubber-derived 6PPD-quinone in mice. *Sci. Tot. Environ.* 912: 169291. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169291>

<sup>51</sup> Du, B., Liang, B., et al. 2022. First Report on the Occurrence of N-(1,3-Dimethylbutyl)-N'-phenyl-p-phenylenediamine (6PPD) and 6PPD-Quinone as Pervasive Pollutants in Human Urine from South China. *Environ. Sci. Technol. Lett.* 9(12): 1056–1062. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.2c00821>

<sup>52</sup> Mao, W., Jin, H., et al. 2024. Occurrence of p-phenylenediamine antioxidants in human urine. *Sci. Tot. Environ.* 914: 170045. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170045>

<sup>53</sup> Fang, J., Wang, X., et al. 2024. 6PPD-quinone exposure induces neuronal mitochondrial dysfunction to exacerbate Lewy neurites formation induced by  $\alpha$ -synuclein preformed fibrils seeding. *Journal of Hazardous Materials* 465: 133312. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.133312>

undersökning av serum från allmänbefolkning i Kina kvantifierades 6PPD-kinon i samtliga prov i storleksordningen 0,11–0,43 ng/ml.<sup>54</sup>

#### **4.3.2.3 Reglering**

Regulatoriskt arbete angående 6PPD pågår för närvarande i Nederländerna och Österrike. Österrike kommer troligen att skicka in ett klassificeringsförslag för 6PPD. Baserat på toxiciteten för 6PPD-metaboliten 6PPD-kinon föreslås att 6PPD klassificeras för mycket hög akut akvatisk toxicitet (Aquatic Acute 1, M=10.000) samt för akvatisk kronisk toxicitet, reproduktionstoxicitet och hudsensibilisering. Baserat på utfall gällande klassificeringsförslaget planerar Nederländerna att ta fram ett begränsningsförslag för EU under Reach-lagstiftningen för en grupp antioxidanter i däck (6PPD och liknande substanser).

#### **4.3.3 Identifierade behov**

Ytterligare resultat för ytvatten, utgående avloppsvatten och från dagvattendammar kommer att rapporteras under 2024.

Toxikologiska rådet anser att de regulatoriska åtgärderna på EU-nivå bör inväntas och ser inte ett behov av en omedelbar åtgärd. Det är dock önskvärt med mer data om toxicitet för arter som förekommer i svensk miljö, inklusive om kronisk toxicitet, och kunskap om hur 6PPD och dess omvandlingsprodukter ger upphov till toxicitet för att bättre kunna förstå artskillnader i giftighet. Det finns även behov av mer humantoxikologiska data för att kunna förutsäga effekter hos människa och identifiera eventuella hälsorisker.

## **4.4 Förekomst av 1,4-dioxan i vatten**

### **4.4.1 Sammanfattning från 2022 års rapport**

1,4-dioxan identifierades 2022 som ett prioriterat område för fortsatt utredning. Ämnet är klassat som cancerogent (klass 1B), har en hög persistens och en hög mobilitet i vatten och har tagits upp på kandidatförteckningen över särskilt farliga ämnen<sup>55</sup>.

Enligt registreringar inom ramen för Reach är användningen av 1,4-dioxan i EU 1 000–10 000 ton/år, för i huvudsak tillverkning av laboratoriekemikalier och plastprodukter. 1,4-dioxan har historiskt använts som stabilisator i klorerade lösningsmedel så som trikloretylen (TCE) och 1,1,1-triklorethan (1,1,1-TCA). Användningen som stabilisator i TCE upphörde runt 1995 som en följd av att det fasades ut i Sverige.<sup>56</sup> Från och med 2010 har en markant ökning av antalet företag som använder 1,4-dioxan skett och den använda mängden i Sverige har ökat till de nivåer på omkring tio ton per år som rådde under 90-talet.<sup>57</sup>

---

<sup>54</sup> Zhang, J., Cao, G., et al. 2024. Stable isotope-assisted mass spectrometry reveals in vivo distribution, metabolism, and excretion of tire rubber-derived 6PPD-quinone in mice. *Sci. Tot. Environ.* 912: 169291. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169291>

<sup>55</sup> ECHA, 2021. Member State Committee support document for identification of 1,4-dioxane. <https://echa.europa.eu/documents/10162/ce76bdd9-006a-19fc-05eb-4bb60daa0256>

<sup>56</sup> EU (2002). Risk assessment report for 1,4 dioxane. Institute for Health and Consumer Protection, European Chemical Bureau, Luxembourg.

<sup>57</sup> Kemikalieinspektionen (2020). Personlig kommunikation Carl-Henrik Eriksson, 2020 05 27.

I Europa visar miljöövervakning att halterna är konstanta och inte minskar.<sup>58</sup> Förekomsten av 1,4-dioxan och andra additiv i 1,1,1-TCA har undersökts i grundvatten i Flandern, Belgien.<sup>59</sup> 1,4-dioxan påvisades inom samtliga områden, med en maximal halt på 26 000 µg/l. WHO:s dricksvattenstandard (50 µg/l) överskreds vid 80 % av de undersökta områdena.

#### **4.4.2 Ny information**

SIG har fått medel från Naturvårdsverket för att undersöka förekomst av 1,4-dioxan på platser med konstaterad förorening med TCE och/eller 1,1,1-TCA. Undersökningarna omfattar provtagning av grundvatten och, där så är möjligt, ytvatten. Platserna har valts ut och den första provtagningen genomfördes under hösten 2023. Ytterligare en provtagningsomgång kommer att genomföras våren 2024 och slutrapportering planeras senare under året.

#### **4.4.3 Identifierade behov**

Toxikologiska rådet inväntar resultat från pågående undersökningar av 1,4-dioxan i utgående avloppsvatten och ytvatten som genomförs på uppdrag av Naturvårdsverket och Havs- och vattenmyndigheten samt SIG:s undersökning av förorenade områden. En bedömning av hur akut problemet är för svensk del kan göras när resultat från pågående och planerade svenska screeningar finns.

---

<sup>58</sup> ECHA, 2021. Member State Committee support document for identification of 1,4-dioxane. <https://echa.europa.eu/documents/10162/ce76bdd9-006a-19fc-05eb-4bb60daa0256>

<sup>59</sup> OVAM (2017). Additives in chlorinated solvents – 1,4-dioxane in Flanders, Open-bare Afvalstoffenmaatschappij voor het Vlaams Gewest (OVAM), Belgium.