



Utvärdering för kemiska risker och miljöförstörande ämnen i flexibla foder

-En informationsammansättning.

Maja Finnveden och Hans von Stedingk, Goodpoint AB, 2020
På uppdrag av RISE, Research Institutes of Sweden AB

Innehåll

Innehåll.....	2
Sammanfattning.....	3
Ordlista.....	4
Inledning.....	6
Infodring med platshärdade flexibla foder.....	6
Syfte.....	7
Metodik.....	7
Avgränsningar.....	8
Innehåll i flexibla foder.....	8
Omättat polyesterharts.....	10
Styren.....	10
Vinyltoluen.....	13
Akrylat/metakrylat.....	15
Polyester och vinylester.....	17
Isocyanater.....	18
Epoxiharts.....	19
Bisfenol A.....	20
Övriga ämnen.....	22
Foder.....	23
Initiatorer.....	23
Installation.....	26
Härtnings metoder.....	30
Mikroplaster.....	30
Diskussion.....	31
Styrenfria alternativ.....	32
Tillgänglig information för ingående ämnen.....	33
Uppföljning av härdade material.....	35
Rekommendationer.....	36
Vidare studier.....	37

Sammanfattning

Goodpoint har inom ramen för projektet Platshärdade flexibla foder, som leds av RISE, fått i uppdrag att utvärdera kemiska risker och risk för spridning av potentiellt miljöstörande ämnen som förekommer i flexibla foder.

För att genomföra en riskbedömning för kemiska risker och spridning av potentiellt miljöstörande ämnen har innehållet i olika typer av infodringsmaterial sammanställts. Sammanställningen har utgått från information som lämnats från olika leverantörer (säkerhetsdatablad, produktfaktblad, byggvarudeklarationer och samtal). Kompletterande information om innehåll och risker har eftersökts i publicerade vetenskapliga artiklar och myndighetsrapporter. Hälsa- och miljöaspekter har utgått från information som finns tillgänglig hos Europeiska kemikaliemyndigheten (ECHA).

De platshärdade flexibla fodren som diskuteras i denna rapport delas in i två grupper: omättade polyesterhartser och epoxihartser. De omättade polyesterhartserna består av en kortkedjig polyester som är löst i en vinylmonomer (till exempel styren). Medan epoxihartserna vanligen är baserade på bisfenol A och epiklorhydrin. Båda dessa typer av foder består av ett foder (polyesterfilt eller glasfiber) som dränks i ett hartst som sedan förs in och härdas på plats i det gamla röret som ska renoveras. I röret bildar den härdade hartsen ett nytt rör.

Dessa hartser härdas med olika metoder oftast via värme (ånga eller varmvatten) eller UV-ljus. Vidare tillsätts olika komponenter som initiatorer, katalysatorer, accelerators och inhibitorer.

De ingående komponenterna i de platshärdade flexibla fodren är ofta klassificerade som hälso- och/eller miljöskadliga och det är därför viktigt att ställa krav på utförare så att dessa kemikalieblandningar hanteras på rätt sätt.

Det finns idag kunskapsluckor i vad de färdighärdade flexibla fodren innehåller (nedbrytningsprodukter och rest-monomerer) samt vilka kemiska ämnen som frigörs till omgivande miljö vid härdningen. En del av de ingående komponenterna bryts ned vid härdning (till exempel initiatorer), men dessa nedbrytningsprodukter har inte blivit fullt karakteriserade.

Rapporten presenterar kända risker med ingående komponenter i de platshärdade flexibla fodren och avslutas med rekommendationer på vad beställare ska tänka på vid upphandling av platshärdade flexibla foder.

Ordlista

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

Begrepp	Förklaring
EG-nummer	EG-nummer används för kemiska ämnen på marknaden inom EU och fungerar som ett internationellt identifieringsnummer för kemiska ämnen.
ECHA	Europeiska kemikaliemyndigheten. ECHA hanterar bland annat hur ämnen ska klassificeras. Olika ämnens klassificeringar kan sökas ut på deras hemsida. https://echa.europa.eu/
Egenklassificering	Enligt CLP-förordningen måste ett ämne egenklassificeras om det inte finns en harmoniserad klassificering och det innehar farliga egenskaper. Vidare ska avvikelser som inte täcks av harmoniserade klassificeringar värderas och egenklassificeras om det är lämpligt.
EUH-angivelse	Utgör ett komplement till den huvudsakliga klassificeringen. Dessa fraser kan inte väljas bort utan måste appliceras enligt regler etablerade i CLP-förordningen.
H-angivelse	Är den kod för faroangivelse som beskriver fysikaliska faror eller hälso- och miljöfaror för olika ämnen.
Harmoniserad klassificering	Klassificering på gemensamhetsnivå för EU medlemsstater, ska användas av alla tillverkare, importörer eller nedströmsanvändare av ämnen och blandningar som innehåller sådana ämnen. En harmoniserad klassificering är juridiskt bindande.
Harts	Mjuk fast eller mycket viskös substans, vanligtvis innehållande polymerer med reaktiva grupper som reageras vidare ¹ .
Infodring	Invändig renovering av rörledningar, istället för att byta ut rören. Innebär att rören infodras med nytt material.

¹ <https://goldbook.iupac.org/terms/view/RT07166> (hämtad 20200603)

Isomer	En av flera kemiska föreningar (molekyler) som har samma atomkomposition (molekylformel), men skilda molekylstrukturer.
Monomer	Ett ämne som via polymerisation omvandlas till en upprepad enhet av polymersekvensen.
PNEC	"Predicted no-effect concentration" är koncentrationsgränsen under vilken inga negativa effekter av exponering i ett ekosystem förväntas. PNEC-värden är alltså en ämneskoncentration under vilken ett ämne sannolikt inte kommer att ha någon toxisk effekt.
Polymer	Kedjeformad molekyl uppbyggd av monomerer, vilket är den typ av molekyl som bygger upp plastmaterial.
Prioriteringsguiden PRIO	Webbaserat verktyg utvecklat av Kemikalieinspektionen. Verktyg för att strukturera riskminskningsarbete ur hälso- och miljösynpunkt. Till PRIO finns kopplat ett antal miljö- och hälsokriterier för ämnen som bör prioriteras i riskminskningsarbetet. https://www.kemi.se/prio-start

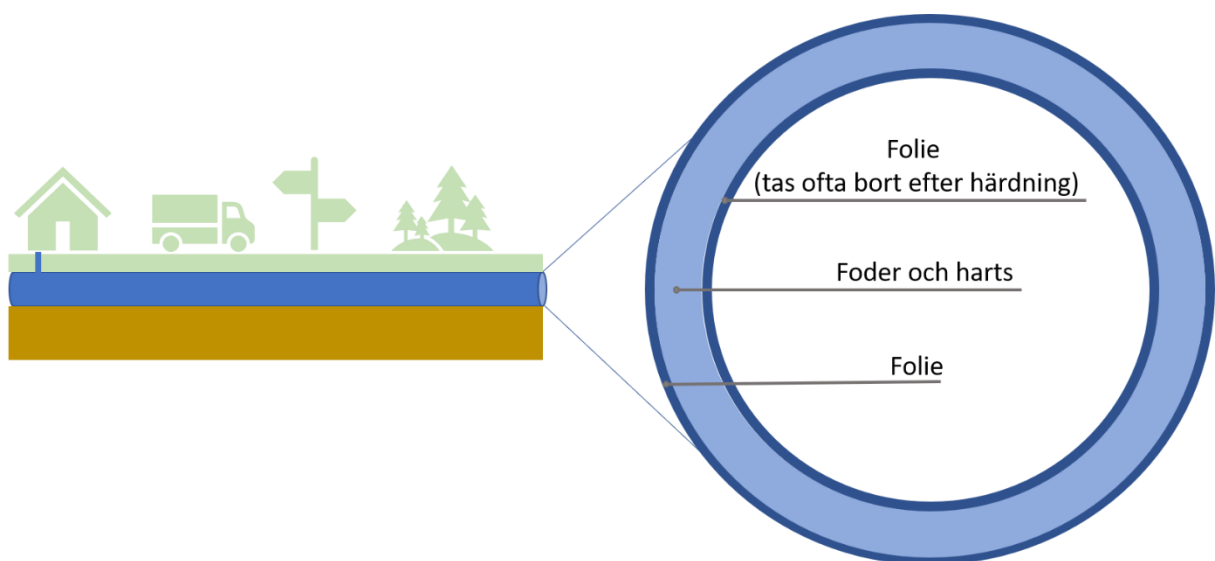
Inledning

Infodring med platshärdade flexibla foder

Vatten- och avloppsnätet förhindrar översvämningar och upprätthåller sanitära förhållanden genom att transportera regnvatten och avloppsvatten till reningsverken. Avloppsrören är skyddade till exempel under jord, men slits gradvis till följd av till exempel: vibrationer från trafik som passerar över rören, markbelastningar, vattnet som rinner genom rören och åldrande. Slitaget på avloppsrören kan leda till att de spricker vilket kan leda till att jord, rötter och grundvatten tränger igenom sprickorna vilket stör vattenflödet genom rören. Vidare kan avloppsvatten som tränger igenom sprickorna leda till problem som till exempel förorenad jord och slukhål ².

När avloppsrören behöver renoveras grävs de antingen upp och ersätts med nya rör eller så kan de renoveras på plats genom att rören infodras med en ny plastbeläggning på insidan av röret. Infodring med platshärdade flexibla foder förlänger livslängden på rören och många leverantörer lämnar garantier på att infodring med flexibla foder ska motsvara installation av ett nytt rör.

För infodring med platshärdade flexibla foder används generellt ett foder (glasfiber eller filt) som är indränkt i ett harts (polyestermassa, vinylester eller vid speciella fall epoxi³) som härdar och bildar en film på insidan av röret (Figur 1).



Figur 1. Översiktbild av uppbyggnaden av platshärdade flexibla foder.

² Ji, H. W., Koo, D. D., & Kang, J. H. (2020). Short-and Long-Term Structural Characterization of Cured-in-Place Pipe Liner with Reinforced Glass Fiber Material. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(6), 2073.

³ Berglund, D., Kharazmi, P., Miliutenko, S., Björk, F., & Malmqvist, T. (2018). Comparative life-cycle assessment for renovation methods of waste water sewerage systems for apartment buildings. *Journal of Building Engineering*, 19, 98-108.

Olika entreprenörer använder sig av varierande material i infodringen samt olika tekniker för att härda hartsen. Härdningen kan åstadkommas med exempelvis värme eller UV-ljus. Den härdade slutprodukten är ett plastskikt på insidan av röret.

De platshärdade flexibla fodren härdas på plats och proceduren kan generellt delas upp i fyra steg: först mättas fodret med en kemikaliemassa som kan härdas. För avloppsledning i mark så förbereds de alltid i fabrik. För rör i byggnader kan det vara aktuellt att blanda/förbereda på plats. I nästa steg införs fodret i värdröret, med hjälp av vatten, lufttryck, eller med vinsch för att sedan blåsas upp med lufttryck. I det tredje steget härdas sedan hartset, genom värme eller med UV-ljus. I det fjärde och sista steget kyls röret och ändarna skärs av innan röret återgår till drift⁴.

En stor del av arbetet med att renovera avloppsrör med platshärdade flexibla foder görs på plats. Nyttorna med rörrenoveringarna behöver sättas i relation till miljöpåverkan från möjliga läckage av potentiellt miljöstörande ämnen till mark och vatten. För att kunna bedöma de kemiska risker som kan finnas kopplade till infodring med platshärdade flexibla foder presenteras här en sammanställning av innehållet i olika typer av flexibla foder samt vilka risker som kan föreligga med de olika ämnena.

Syfte

RISE har sedan 2018 arbetat med projektet Platshärdade flexibla foder⁵. Projektet består av 6 arbetspaket som har det övergripande syftet att underlätta renovering och bedömningen av det svenska vatten- och avloppsnetet för ledningsägarna. Projektet har som mål att sammanställa en mall för kravställning vid upphandling av flexibelt foder.

Arbetspaket 6 har fått namnet Kemiska risker och miljöstörande ämnen. Syftet med denna rapport var att utföra en riskbedömning för kemiska risker och spridning av potentiellt miljöstörande ämnen.

Metodik

För att genomföra en riskbedömning för kemiska risker och spridning av potentiellt miljöstörande ämnen har innehållet i infodringsmaterial sammanställts. Olika typer av infodringsmaterial används idag och de olika typerna har sammanställts. Sammanställningen av innehåll i de olika flexibla fodren har upprättats utifrån information från olika leverantörer (till exempel genom säkerhetsdatablad, produktfaktablad, byggvarudeklarationer och samtal). De leverantörer som medverkat genom informationsdelning och samtal är: Aarsleff, BKP Berolina, InPipe, Jotun och Sartex.

Kompletterande information om innehåll och risker har eftersökts i publicerade vetenskapliga artiklar, litteratur och rapporter från nationella och internationella organisationer. Hälso- och miljöaspekter har utgått från information som finns tillgänglig hos Europeiska kemikaliemyndigheten (ECHA).

För icke klassificerade ämnen har utvärdering av ämnens potentiella miljö- och hälsoegenskaper genomförts utifrån annan toxikologisk information.

⁴ Berglund, D., Kharazmi, P., Miliutenko, S., Björk, F., & Malmqvist, T. (2018). Comparative life-cycle assessment for renovation methods of waste water sewerage systems for apartment buildings. *Journal of Building Engineering*, 19, 98-108.

⁵RISE: *Platshärdade flexibla foder* <https://www.ri.se/sv/vad-vi-gor/projekt/fornylse-med-platshardade-flexibla-foder-erfarenheter-framtida-utveckling> (hämtat 20200316)

Avgränsningar

Då många leverantörer vill bibehålla sekretess på innehållet i sina foder presenteras innehållet generellt för de olika typerna av foder som rapporterats in (Tabell 1).

Styrenbaserade flexibla foder är de vanligaste fodren på marknaden. Denna rapport täcker utöver styrenbaserade flexibla foder även innehållet i andra typer av foder som finns tillgängliga på marknaden. Rapporten utvärderar inte om dessa styrenfria produkter skulle klara samma krav för den tekniska prestandan som de styrenbaserade fodren.

Innehåll i flexibla foder

Olika typer av infodringsmaterial används idag för att renovera avloppsrör. I Sverige används framförallt polyesterhartser i kommunala avloppsnät. I anslutning till industrier används ibland vinylesterharts eftersom dess kemiska motståndskraft är betydligt bättre. Vidare kan epoxi-systemen används på mer begränsade sträckor. I denna sammanställning har den vanligaste kemikalieblandningen som rapporterats av leverantörer varit polyester-styren baserade system. I Tabell 1 presenteras de olika typerna av hartser som dykt upp i denna sammanställning.

Oro kring styrens effekter på miljö och hälsa har lett till framtagande av produkter som också marknadsförs som "styrenfria". De styrenfria produkterna är uppbyggda på samma sätt som de styrenbaserade produkterna. De består av en omättad polyester som löses i en polymeriserbar vinylmonomer. Vinylmonomererna är polymeriserbara och genom att de tillsätts olika mängder kan hartsens viskositet regleras och tvärbindningsgraden i den härdade produkten. I de "styrenfria" produkterna kan styren ersättas med vinylmonomerer som: vinyltoluen eller akrylat/metakrylat. Den största andelen av vinylmonomererna kommer att utgöra beståndsdelar i den polymer som bildas vid härdning. Vinylmonomeren utgör ofta den större andelen av de klassificerade ingående kemikalierna i produkterna. Det är också ofta den som styr klassificeringen för produkterna (Tabell 1).

Produkterna innehåller utöver harts (omättad polyester, vinylmonomer eller epoxi) andra komponenter som initiatorer/katalysator, härdare, accelerator och inhibitor. De övriga komponenterna är ofta klassificerade, men utgör en mindre del av produkterna, endast några procent.

I Tabell 1 presenteras en generell sammanställning av vanliga komponenter i olika typer av platshärdade flexibla foder. Nedan utvärderas de olika ingående komponenterna var och en för sig.

Tabell 1. Övergripande sammanställning av olika typer av platshärdade flexibla foder.

Harts	Vinylmonomer	Komponenter	Mängd [%]	Kommentar
Omättad polyester	Styren	Styren	15-50	
		Omättad polyester (vinylester)	10-50	
		Glasfiber eller polyesterfilt	30-60	Bärarmaterial av hartset samt att glasfiber förbättrar den mekaniska prestandan.

		Övrigt	-	Katalysator/initiator, acceleratorer, inhibitor, folie, pigment, fyllmedel.
		Isocyanat*	1-3	Isocyanater har redovisats i säkerhetsdatablad för enstaka produkter.
	Vinytoluen	Vinytoluen	25-50	
		Omättad polyester (vinylester)	25-50	
		Glasfiber eller filt	10-15	
		Övrigt	-	Katalysator/initiator, acceleratorer, inhibitor, folie, pigment, fyllmedel.
	Akrylat/metakrylat	Akrylat/metakrylat	10-55	
		Omättad polyester (vinylester)	25-50	
		Glasfiber eller filt	40-60	Foder.
		Övrigt	-	Katalysator/initiator, acceleratorer, inhibitor, folie, pigment, fyllmedel.
Epoxi		Epoximonomer och fenol	24-56	Ofta bisfenol A-diglycidyleter.
		Diamin	8-28	Härdare.
		Glasfiber eller filt	30-60	Bärrmaterial av hartset, samt GF förbättra mekaniska prestandan.
		Övrigt	-	Katalysator/initiator, acceleratorer, inhibitor, folie, pigment, fyllmedel.

*Isocyanater används för att framställa polyuretan.

Omättat polyesterharts

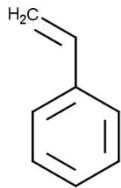
Omättade polyesterhartser består av en kortkedjig polyester innehållande polymeriserbara dubbelbindningar och en vinylmonomer (den kemiska gruppen: $-\text{CH}=\text{CH}_2$). Exempel på vinylmonomerer som används är styren, vinyltoluen eller akrylat/metakrylat (Tabell 1). Härdningsreaktionen består av en sampolymerisation av vinylmonomeren med dubbelbindningarna i polyestern. De omättade polyesterhartserna kan härdas både med UV-ljus och med värme. Under härdningen bildas ett tredimensionellt polymernätverk.

I denna rapport kommer blandningen av en omättad polyester med vinylmonomeren benämnas som ett omättat polyesterharts. Omättade polyestrar är de kortkedjiga polyestrarna som innehåller polymeriserbara dubbelbindningar.

Vinylmonomeren tjänar två syften: för det första fungerar den som ett lösningsmedel för den omättade polyestern och för det andra möjliggör den härdning av hartset från vätska till ett fast material genom att vinylmonomeren tvärbinder med polyesterkedjan, utan biprodukter. Eftersom vinylmonomererna reagerar med den omättade polyestern kommer den största mängden av dessa monomerer vara en del av polymeren som bildas vid härdning.

Styren

Styren (Figur 2) är en färglös oljig vätska. Ämnet är flyktigt och har en karakteristisk lukt. Styren är den mest använda vinylmonomeren för omättade polyestrar⁶.



Figur 2. Kemisk struktur för styren.

I enstaka fall har isocyanater redovisats i säkerhetsdatablad vilket betyder att styren / polyuretansystem även förekommer (Tabell 1).

Egenskaper

Klassificering

I Tabell 2 listas de 10 vanligaste egenklassificeringarna som har rapporterats in till klassificerings- och märkningsregistret av tillverkare, importörer eller nedströmsanvändare.

⁶ Fink, J. K. (2017). Reactive polymers: fundamentals and applications: a concise guide to industrial polymers. William Andrew.

Tabell 2. Klassificeringar för styren (EG-nummer 202-851-5) enligt CLP kriterier⁷.

Klassificering	Faroangivelse
H226*	Brandfarlig vätska och ånga.
H315*	Irriterar huden.
H319*	Orsakar allvarlig ögonirritation.
H332*	Skadligt vid inandning.
H372*	Orsakar organskador, (hörselorgan), genom lång eller upprepad exponering.
H361d*	Misstänks kunna skada det ofödda barnet.
H304	Kan vara dödligt vid förtäring om det kommer ner i luftvägarna.
H335	Kan orsaka irritation i luftvägarna.
H412	Skadliga långtidseffekter för vattenlevande organismer.

*Harmoniserad klassificering

Styren är även listat som potentiellt hormonstörande hos EU. Utifrån det kan styren betraktas som ett utfasnings ämne enligt Kemikalieinspektionens PRIO-kriterier⁸. Men utifrån tillgänglig information hos ECHA är det inte självklart.

PNEC-värden

Styren klassificeras som skadliga för vattenlevande organismer med långtidseffekter (H412). För att undvika toxisk effekt för vattenlevande organismer i olika recipienter har PNEC värden tagits fram (Predicted No-Effect Concentration, PNEC). I Tabell 3 listas de koncentrationer av styren under vilka negativa effekter för vattenlevande organismer inte förväntas uppstå. Vidare listas PNEC i jord.

Tabell 3. PNEC för styren⁹.

Var	PNEC
Avloppsreningsverk ^a	5 mg/L
Sötvatten ^a	40 µg/L
Intermittenta utsläpp (sötvatten) ^a	40 µg/L

⁷ ECHA: <https://echa.europa.eu/sv/information-on-chemicals/cl-inventory-database/-/discli/details/25673> (hämtad 20200601)

⁸ Kemikalieinspektionen: <https://www.kemi.se/prio-start/kriterier/prio-amnens-egenskaper> (hämtat 20200610)

⁹ ECHA: <https://echa.europa.eu/sv/brief-profile/-/briefprofile/100.002.592> (hämtad 20200701)

Jord ^b	146 - 200 µg/kg soil dw
-------------------	-------------------------

^a faror för vattenlevande organismer ^b faror för markorganismer

Arbetsmiljö

För exponering av styren finns sedan 2011 gränsvärden för tillåten arbetsmiljöexponering via luft (AFS 2018:1). Som nivågränsvärde för tillåten genomsnittlig exponering under en arbetsdag gäller 10 ppm eller 43 mg/m³. För styren finns också ett vägledande korttidsgränsvärde för styren som är 20 ppm eller 86 mg/m³ mätt under en referensperiod på 15 minuter. Det hygieniska gränsvärdet för styren är uppsatt utifrån att ämnet kan orsaka hörselskador. Det ska noteras styren kan upptas genom huden. Därför bedöms det föreskrivna gränsvärdet endast ge tillräckligt skydd under förutsättning att huden är skyddad mot exponering för ämnet.

Tidigare uppföljningar efter installation av styrenbaserade flexibla foder i Sverige

Inom ramen för projektet Platshärdade flexibla foder har RISE analyserat 13 driftsatta foder för att bestämma mängden rest-styren i driftsatta flexibla foder¹⁰. Provmaterialet extraherades med diklormetan och extraktet analyserades med GC-MS med internstandard. Metod enligt svensk standard (ISO 4901:2011). Halten styren bestämdes med extern standardkurva. I analyserna återfanns styrenrester i samtliga 13 provmaterial. Många av de analyserade flexibla fodren hade varit driftsatta i över 10 år. När styren har reagerat med den omättade polyestern och utgör en del i det flexibla fodret har den förbrukat sin vinylgrupp. När polymernätverket som utgör det flexibla fodret bryts ned återbildas inte styren. Detta betyder att det rest-styren som analyserats i driftsatta flexibla foder med största sannolikhet kommer från styren som inte bildat polymer vid installation av fodren.

Några publika studier där styrenutsläpp analyserats specifikt för infodrade avloppsledningar har inte identifierats. 2008 mättes koncentrationen av styren i det utgående vattnet från ett antal reningsverk i Sverige¹¹. Koncentrationerna av styren i det utgående vattnet varierade då mellan de olika reningsverken mellan <2–14 ng/L. Det finns dock ingen information om att dessa uppmätta värden skulle vara sammankopplade med just användning av polystyrenbaserade infodringsmaterial, men det är inte orimligt att det är en bidragande källa.

Trafikverket har följt upp utsläpp av styren till vattendrag i samband med infodring av väg- och järnvägstrummor^{12, 13, 14}. Det finns även en fällande dom för miljöbrott där utsläpp av styren skett i samband med infodring av vägtrumma¹⁵. Utifrån resultat som framkommit i de uppföljningar som

¹⁰ RISE: Bestämning av rest-styren i flexibla foder, Beteckning 2F008730

¹¹ Naturvårdsverkets screeningdatabas:
<https://dvsb.ivl.se/dvss/DataView1.aspx?m=VATTEN&from=1849&tom=2014&lan=Alla&casnr=100-42-5> (hämtad 20200610)

¹² WSP (2012) Provtagning vid relining, PM nr: 10163732

¹³ von Stedingk H. Birgersson C. Trafikverket 2019, Uppföljning av styrenutsläpp i samband med infodring av trummor

¹⁴ Johansson P., Milton A., Svevia AB 2019, Styrenutsläpp vid relining av vägtrummor

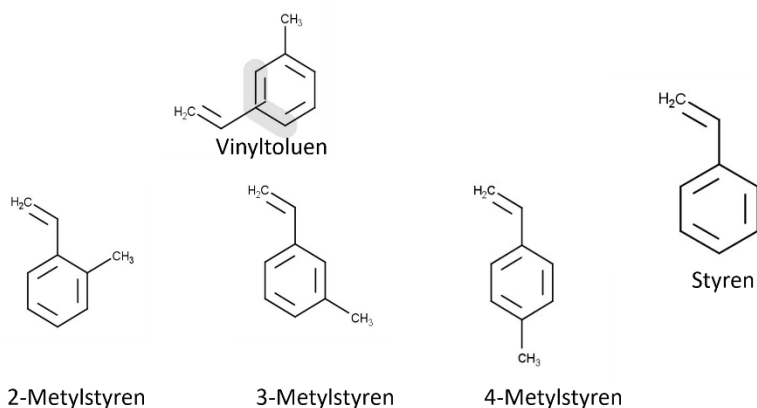
¹⁵ Falu Tingsrätt 2011, Förundersökningsdokument B1921-12,

Trafikverket låtit göra, så visar de på att mätbara halter av styren vattendragen i halter över PNEC värde för vattenlevande organismer (se Tabell 3). Högre halter analyseras i direkt anslutning till att en infodrad trumma tas i bruk, men resultaten visar även att styren kan analyseras i halter över 40 µg/L flera veckor efter installationen, beroende på härdningsteknik och lokala förutsättningar.

Vid infodring av en trumma kan det ske i direkt anslutning till ett känsligt vattendrag. Vid infodring av avloppsledningar så hamnar det vatten som passerar en infodrad trumma i ett reningsverk. Då styren uppfyller kriterier för att anses som lätt biologiskt nedbrytbart¹⁶, så behöver det inte utgöra samma problematiska risk med ett visst utsläpp av styren från infodringsmaterialet. Den gräns som ECHA hänvisar till för uppskattad koncentration som inte förväntas ge en toxikologisk effekt (PNEC värde), är på 5 mg/L, för avloppsreningsverk. Det är dock inte orimligt att en infodringsåtgärd av ett längre rör än vad som är fallet med vägtrummor skulle kunna resultera i en koncentration av styren över 5 mg/L. Halter över 5 mg/L har analyserats för vägtrumma på 35 m, i upp till 1 timme efter att vattnet släppts på¹⁷. Om en infodringsåtgärd kommer att kunna orsaka halter över 5 mg/L i vatten som når reningsverket kommer att bero på parametrar så som längd på ledning som åtgärdas, dimension, vattenflöde, utspädning innan vattnet når reningsverket och tid för vattnet att nå reningsverket.

Vinyltoluen

Kommersiell vinyltoluen (metylstyren) består av en blandning av isomererna 2-metylstyren, 3-metylstyren och 4-metylstyren. Det betyder att metylgruppen kan vara positionerad på olika ställen, se Figur 3. Den kommersiella blandningen består till största delen av 3- och 4-metylstyren med små mängder 2-metylstyren¹⁸.



Figur 3. Kemisk struktur för vinyltoluen, samt för de olika varianterna av vinyltoluen; 4-metylstyren, 3-metylstyren samt 2-metylstyren.

¹⁶ ECHA: <https://echa.europa.eu/sv/registration-dossier/-/registered-dossier/15565/5/3/2> (hämtat 20200611)

¹⁷ von Stedingk H. Birgersson C. Trafikverket 2019, Uppföljning av styrenutsläpp i samband med infodring av trummor

¹⁸ Iarc. (1994). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans: Some Industrial Chemicals.

Egenskaper

De olika isomererna av vinyltoluen är strukturellt väldigt lika (Figur 3). Substanser som har liknande kemiska strukturer har ofta liknande egenskaper och följaktligen även liknande toxikologisk profil. Därför kan många av klassificeringarna för de olika isomererna i Figur 3 förväntas gälla för alla tre isomerer. Vidare är vinyltoluen en monomer som strukturellt liknar styren (Figur 3). Därför är risken överhängande att de båda ämnena har liknande toxiska egenskaper.

Utifrån de strukturella likheterna med styren så bör inte vinyltoluen ses som ett självklart val för bättre alternativ ur ett hälso- och miljöperspektiv.

Klassificering av vinyltoluen

Det finns ingen harmoniserad klassificering av vinyltoluen. I Tabell 4 listas de 10 vanligaste egenklassificeringarna som har rapporterats in till klassificerings- och märkningsregistret av tillverkare, importörer eller nedströmsanvändare.

Tabell 4. Klassificeringar för vinyltoluen (EG-nummer 246-562-2) enligt CLP kriterier¹⁹.

Klassificering	Faroangivelse
H226	Brandfarlig vätska och ånga.
H401	Giftigt för vattenlevande organismer
H411	Giftigt för vattenlevande organismer med långtidseffekter.
H315	Irriterar huden.
H319	Orsakar allvarlig ögonirritation.
H332	Skadligt vid inandning.
H335	Kan orsaka irritation i luftvägarna.
H336	Kan göra att man blir dåsig eller omtöcknad.
H412	Skadliga långtidseffekter för vattenlevande organismer
H302	Skadligt vid förtäring.
H304	Kan vara dödligt vid förtäring om det kommer ner i luftvägarna.
H361	Misstänks kunna skada fertiliteten eller det ofödda barnet.

Av de tre isomerer som utgör vinyltoluen (Figur 3) är det endast 2-metylstyren som har en harmoniserad klassificering och är då klassificerad som H411 och H332.

¹⁹ <https://echa.europa.eu/sv/information-on-chemicals/cl-inventory-database/-/discli/details/96978>
(hämtad 20200701)

PNEC-värden

Alla varianter av vinyltoluen (Figur 3) klassificeras som giftigt för vattenlevande organismer med långtidseffekter (H411). I Tabell 5 finns PNEC värden för vattenlevande organismer och markorganismer för 4-metylstyren. För de andra två vinyltoluen varianterna finns inga PNEC värden tillgängliga hos ECHA.

Tabell 5. PNEC för 4-metylstyren²⁰

Var	PNEC
Avloppsreningsverk ^a	17 mg/L
Sötvatten ^a	3,2 µg/L
Intermittenta utsläpp (sötvatten) ^a	13 µg/L
Jord ^b	47,1 µg/kg soil dw

^a faror för vattenlevande organismer ^b faror för markorganismer

Arbetsmiljö

För exponering av vinyltoluen finns sedan 1993 gränsvärden för tillåten arbetsmiljöexponering via luft (AFS 2018:1). Som nivågränsvärde för tillåten genomsnittlig exponering under en arbetsdag gäller 10 ppm eller 50 mg/m³. För vinyltoluen finns också ett vägledande korttidsgränsvärde som är 30 ppm eller 150 mg/m³ mätt under en referensperiod på 15 minuter. Det ska noteras att vinyltoluen kan upptas genom huden. Därför bedöms det föreskrivna gränsvärdet endast ge tillräckligt skydd under förutsättning att huden är skyddad mot exponering för ämnet.

Akrylat/metakrylat

Akrylsyra, metakrylsyra och deras estrar används som monomerer för framställning av polymerer till ett stort antal användningsområden. De används ofta inom applikationer där utomhusstabiliteten är viktig för slutprodukten.

Egenskaper

Akrylater och metakrylater anses vara potenta sensibiliserande ämnen²¹. Sensibiliserande ämnen kan ge allergi eller annan överkänslighet. Överkänslighetsbesvären drabbar främst huden eller andningsorganen. Överkänslighet innebär att man reagerar vid kontakt med ämnen som normalt inte ger besvär. Allergi är en undergrupp av överkänslighet som orsakas av reaktioner i kroppens immunsystem. En vanligt förekommande metakrylat är tetramethylene dimethacrylate.

²⁰ ECHA: <https://echa.europa.eu/sv/brief-profile/-/briefprofile/100.009.785> (hämtat 20200610)

²¹ Lin, Y. T., Tsai, S. W., Yang, C. W., Tseng, Y. H., & Chu, C. Y. (2018). Allergic contact dermatitis caused by acrylates in nail cosmetic products: Case reports and review of the literatures. *Dermatologica sinica*, 36(4), 218-221.

Klassificering av tetrametylen dimetakrylat

I Tabell 6 listas de 10 vanligaste egenklassificeringarna för tetrametylen dimetakrylat som har rapporterats in till klassificerings- och märkningsregistret av tillverkare, importörer eller nedströmsanvändare.

Tabell 6. Klassificeringar för tetrametylen dimetakrylat (EG-nummer 218-218-1)²².

Klassificering	Faroangivelse
H317	Kan orsaka allergisk hudreaktion.
H315	Irriterar huden.
H319	Orsakar allvarlig ögonirritation.
H335	Kan orsaka irritation i luftvägarna.

PNEC-värden

I Tabell 7 listas de koncentrationer av tetrametylen dimetakrylat under vilka negativa effekter för vattenlevande organismer och markorganismer inte förväntas uppstå.

Tabell 7. PNEC för tetrametylen dimetakrylat ²³.

Var	PNEC
Avloppsreningsverk ^a	2 mg/L
Sötvatten ^a	43,5 µg/L
Intermittenta utsläpp (sötvatten) ^a	97,9 µg/L
Jord ^b	573 µg/kg soil dw

^a faror för vattenlevande organismer ^b faror för markorganismer

Arbetsmiljö

Ett flertal akrylater och metakrylater har gränsvärden för tillåten arbetsmiljöexponering via luft (AFS 2018:1) på grund av deras sensibiliserande egenskaper. De hygieniskt gränsvärden för korttids exponering som listas i AFS 2018:1 gäller för exponering under en referensperiod av 15 minuter, men för akrylsyra gäller referensperioden 1 minut.

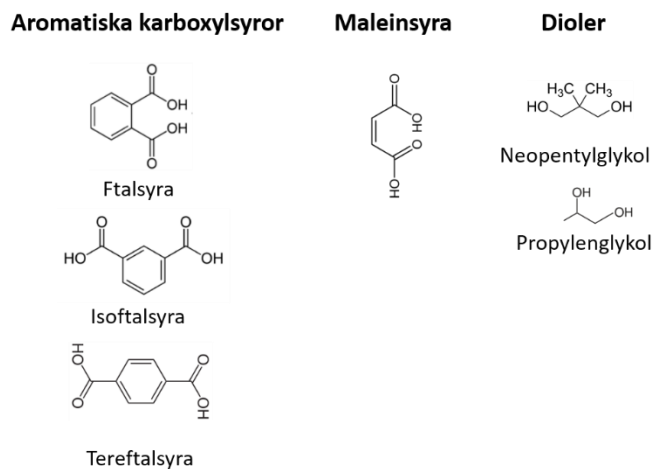
²² ECHA: <https://echa.europa.eu/sv/substance-information/-/substanceinfo/100.016.562> (hämtat 20200612)

²³ ECHA: <https://echa.europa.eu/sv/brief-profile/-/briefprofile/100.016.562> (hämta 20200610)

Polyester och vinylester

De omättade polyestererna i de omättade polyesterhartserna består av kortkedjiga polyesterer innehållande polymeriserbara dubbelbindningar. Omättade polyestrar löses i en vinylmonomer (vanligen styren) och sampolymeriseras vid härdning till ett nätverk.

I Sverige, under normala förhållanden, används nästan uteslutande polyestrar. Omättade polyestrar kan modifieras med vinylesteroligomer (vinylestrar). Vinylestrar förbättrar de termomekaniska egenskaperna hos de omättade polyestrarna. Eftersom vinylestrar klarar extremare förhållanden används de till exempel i rör kopplade till industrier där höga temperaturer (80–90 °C under korta perioder) eller stora variationer i pH värde kan förekomma. Vanligt förekommande monomerer i dessa polyestrar är maleinsyra (ofta maleinsyraanhydrid) / aromatiska karboxylsyror (ofta ftalsyraanhydrid) förestrade med dioler (såsom propylenglykol eller neopentylglykol) (Figur 4).



Figur 4. Kemiska strukturer för vanliga monomerer i polyestrar som ingår i flexibla foder

De omättade polyestrarna som används i platshärdade flexibla foder är ofta oklassificerade och behöver därför inte redovisas i säkerhetsdatablad. Vidare vill leverantörerna bibehålla sekretess på innehållet i sina foder och därför vill de inte specificera vilka polyestrar de har i sina system

I analysen som utfördes av RISE där 13 driftsatta foder analyserats (se "Tidigare uppföljningar efter installation av flexibla foder" under "Styren") identifierades utöver styren även en rad andra organiska föreningar²⁴. Till exempel var en vanligt förekommande diol neopentylglykol. Vidare urskildes en rad olika fragment bestående av fenylor med olika substituentor som kan härledas till de olika aromatiska karboxylsyror: ftalsyra, tereftalsyra och isoftalsyra som visas i Figur 4. Även maleinsyra derivat identifierades.

²⁴ RISE (2020) Bestämning av rest-styren i flexibla foder, Beteckning 2F008730

Egenskaper

Genom att variera monomererna i polyestern kan olika egenskaper erhållas. För att skapa kemiskt motståndskraftiga ytbehandlingar kan polyestrar baserade på isoftalsyra och tereftalsyror användas. Tereftalsyra har varit upptagen på ECHAS bedömningslista för hormonstörande ämnen och utvärderades 2015. Slutsatsen var då att tereftalsyra inte uppvisar hormonstörande effekter²⁵.

Isocyanater

Isocyanater används för att framställa polyuretan. I denna sammanställning har innehåll av isocyanater redovisats i enstaka styrenbaserade system. Det har inte varit möjligt att fastställa hur stor del av dessa foder som utgörs av polyuretan. Det är dock känt att hybridnätverk där polyuretanbindningar inkorporeras i omättade polyesterhartser kan förbättra de mekaniska egenskaperna²⁶. För att initiera härdningen av dessa hybridnätverk tillsätts ofta lämpliga peroxider.

Egenskaper

Isocyanat är ett kemiskt ämne som innehåller den funktionella gruppen $-N=C=O$ ²⁷. Beroende på antalet isocyanatgrupper ett ämne innehåller, delas de in i grupperna mono-, di- och polyisocyanater. Isocyanater förekommer både som vätskor och som pulver. Vätskor av isocyanat kan redan vid rumstemperatur avge ångor som är farliga.

Klassificering

Många isocyanater är klassificerade. Generellt gäller att isocyanater kan ge allergier vid hudkontakt och orsaka skador i andningsorganen vid inandning av ångor eller aerosoler. Vidare kan vissa isocyanater orsaka cancer och en del är även klassificerade som miljöskadliga, eftersom de är giftiga för vattenlevande organismer.

Produkter som innehåller isocyanater (i form av monomerer, oligomerer, prepolymerer etc. eller blandningar av dessa) ska märkas med följande angivelse under avsnitt 2 i säkerhetsdatablad: EUH204 – "Innehåller isocyanater. Kan orsaka en allergisk reaktion."

En av de vanligaste förekommande isocyanaterna i Sverige är hexamethylene diisocyanate, oligomer (EG-nummer 500-060-2)²⁸. I Tabell 8 listas de 10 vanligaste egenklassificeringarna som har rapporterats in till klassificerings- och märkningsregistret av tillverkare, importörer eller nedströmsanvändare.

²⁵ ECHA <https://echa.europa.eu/sv/ed-assessment/-/dislist/details/0b0236e180773a2b> (hämtat 20200610)

²⁶ Fink, J. K. (2017). Reactive polymers: fundamentals and applications: a concise guide to industrial polymers. William Andrew.

²⁷ Kemikalieinspektionen Prioriteringsguiden – PRIO <https://www.kemi.se/prio-start/kemikalier-i-praktiken/kemikaliegrupper/isocyanater> (hämtad 20200604)

²⁸ Kemikalieinspektionen: <https://www.kemi.se/statistik/kortstatistik/amnen-och-amnesgrupper/isocyanater> (hämtat 20200617)

Tabell 8. Klassificeringar för hexamethylene diisocyanate, oligomer (EG-nummer 500-060-2)²⁹.

Klassificering	Faroangivelse
H317	Kan orsaka allergisk hudreaktion.
H332	Skadligt vid inandning.
H335	Kan orsaka irritation i luftvägarna.
H412	Skadliga långtidseffekter för vattenlevande organismer.
H315	Irriterar huden.
H319	Orsakar allvarlig ögonirritation.
H334	Kan orsaka allergi- eller astmasymptom eller andningssvårigheter vid inandning.

Arbetsmiljö

Ett flertal isocyanater har gränsvärden för tillåten arbetsmiljöexponering via luft (AFS 2018:1) på grund av deras sensibiliserande egenskaper. En del kräver medicinska kontroller för hantering av ämnet. De hygieniska gränsvärden för korttidsexponering som listas i AFS 2018:1 gäller för exponering under en referensperiod av 15 minuter, men för isocyanater gäller referensperioden 5 minuter.

Vidare är det viktigt med förebyggande åtgärder vid arbete med isocyanater. Arbetsmiljöverket har gett ut föreskrifter om arbete med hårdplaster där isocyanater ingår (AFS 1996:4).

Epoxiharts

Epoxiharts är polymerer som innehåller flera epoxigrupper. Epoxibaserade material är vanliga vid infodring av tappvatten och avloppsrör i Sverige^{30, 31}. Historiskt har två olika typer av epoxi använts enkomponentsepoxi och tvåkomponentsepoxi (Tabell 9).

Tabell 9. Beskrivning av olika typer av epoxi.

Infodringsmaterial	Beskrivning
Enkomponentsepoxi	Epoxiprodukt som är fabriksblandad.
Tvåkomponentsepoxi	Epoxiprodukt som blandas till på arbetsplatsen.

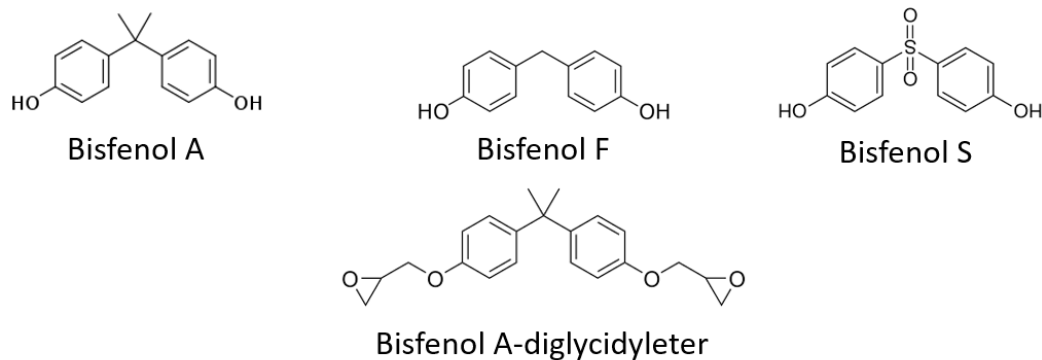
²⁹ ECHA: <https://echa.europa.eu/sv/information-on-chemicals/cl-inventory-database/-/discli/details/124967> (hämtat 20200612)

³⁰ Kemikalieinspektionen (2013) "Avgivning av bisfenol A (BPA) vid renovering av dricksvattenrör – Redovisning från ett regeringsuppdrag" Rapport Nr 7/13

³¹ Berglund, D., Kharazmi, P., Miliutenko, S., Björk, F., & Malmqvist, T. (2018). Comparative life-cycle assessment for renovation methods of waste water sewerage systems for apartment buildings. *Journal of Building Engineering*, 19, 98-108.

Epoxihartser som används för rörfoder innefattar vanligtvis: bisfenol A och epiklorhydrin. Då infodringsmaterialet är enkomponentsepoxi har monomererna förpolymeriserats till olika kedjelängder och det är detta fabriksblandade harts som används på plats vid själva infodringen³².

Efter att rör som infodrats med tvåkomponentsepoxi visat sig läcka bisfenol A³² förbjöd regeringen bisfenol A vid renovering av dricksvattenrör den 1 september 2016³³. Förbudet innebär att tvåkomponentsepoxi som innehåller bisfenol A eller bisfenol A-diglycidyleter (Figur 5) inte får användas vid gjutning av nya plaströr inuti befintliga tappvattenrör.



Figur 5. Kemiska strukturer för bisfenol A, bisfenol F och bisfenol A-diglycidyleter.

Det finns i dag inget förbud mot att använda enkomponentsepoxi för infodring av dricksvattenrör. För andra typer av rör är det tillåtet att använda både en- och tvåkomponentsepoxi för infodring och epoxisystem är också vanligt förekommande i Sverige³⁴.

Bisfenol A

Bisfenol A är sedan 2017 upptaget på kandidatförteckningen på grund av dess hormonstörande och reproduktionsstörande egenskaper. Det finns misstankar om att effekter från exponering av bisfenol A kan uppstå redan vid mycket låga koncentrationer, men det är omdebatterat vilken koncentration som kan ge negativa effekter på människors hälsa³⁵.

Bisfenol A har för vissa tillämpningar ersatts med snarlika ämnen, till exempel bisfenol F och bisfenol S (Figur 5). Dessa bisfenoler liknar bisfenol A till sin kemiska struktur. Detta gör att samma tekniska funktion teoretiskt erhållas och har därför potential att ersätta bisfenol A i många applikationer. Till

³² Rajasärkkä, J., Pernica, M., Kuta, J., Lašňák, J., Šimek, Z., & Bláha, L. (2016). Drinking water contaminants from epoxy resin-coated pipes: A field study. *Water research*, 103, 133-140.

³³ <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2016/07/regeringen-forbjuder-bisfenol-a-vid-renovering-av-dricksvattenror/> (hämtat 2020-05-20)

³⁴ Berglund, D., Kharazmi, P., Miliutenko, S., Björk, F., & Malmqvist, T. (2018). Comparative life-cycle assessment for renovation methods of waste water sewerage systems for apartment buildings. *Journal of Building Engineering*, 19, 98-108.

³⁵ Kemikalieinspektionen: <https://www.kemi.se/lagar-och-regler/regler-som-endast-galler-i-sverige/nationella-begransningar-och-forbud/svenska-regler-om-anvandning-av-tvatomponentsepoxi-vid-relining> (hämtat 20200608)

skillnad från bisfenol A är de övriga bisfenolerna inte lika välstuderade och de bör på grund av sina strukturella likheter med bisfenol A användas med försiktighet. Mer information om bisfenoler finns bland annat beskrivet i Kemikalieinspektionens kartlägningsrapport för bisfenoler från 2017³⁶.

Egenskaper

Klassificering av komponenter i epoxiharts

I Tabell 10 visas klassificeringar för vanligt förekommande komponenter i epoxiharts. Bisfenoler kan återbildas vid nedbrytning av de bildade polymererna. Det ska dock tilläggas att denna risk inte är hög. Tidigare mätningar som gjorts av bisfenol A i tappvatten har visat på väldigt låga (knappt detekterbara) halter i prover från byggnader som infodrats med enkomponentsepoxi³⁷.

Tabell 10. De 10 vanligaste egenklassificeringarna (från tillverkare, importörer eller nedströmsanvändare) för vanliga komponenter i epoxiharts.

Komponent	EG-nummer	Klassificering	Faroangivelse
Bisfenol A-diglycidyleter ³⁸	216-823-5	H315*	Irriterar huden.
		H319*	Orsakar allvarlig ögonirritation.
		H317*	Kan orsaka allergisk hudreaktion.
		H411	Giftigt för vattenlevande organismer med långtidseffekter.
		H400	Mycket giftigt för vattenlevandeorganismer.
		H412	Skadliga långtidseffekter för vattenlevande organismer.
Bisfenol A ³⁹	201-245-8	H318*	Orsakar allvarliga ögonskador.
		H317*	Kan orsaka allergisk hudreaktion.
		H335*	Kan orsaka irritation i luftvägarna.
		H360f*	Kan skada fertiliteten.

³⁶ Kemikalieinspektionen (2017) "Bisfenoler – en kartläggning och analys. Rapport från ett deluppdrag inom Handlingsplanen för en giftfri vardag" Rapport Nr 5/17

³⁷ Kemikalieinspektionen (2013) "Avgivning av bisfenol A (BPA) vid renovering av dricksvattenrör – Redovisning från ett regeringsuppdrag" Rapport Nr 7/13

³⁸ ECHA: <https://echa.europa.eu/sv/information-on-chemicals/cl-inventory-database/-/discli/details/97651> (hämtat 20200612)

³⁹ECHA: <https://echa.europa.eu/sv/information-on-chemicals/cl-inventory-database/-/discli/details/54923> (hämtat 20200612)

Bisfenol F⁴⁰	210-658-2	H315	Irriterar huden.
		H319	Orsakar allvarlig ögonirritation.
		H335	Kan orsaka irritation i luftvägarna.
		H412	Skadliga långtidseffekter för vattenlevande organismer.
		H411	Giftigt för vattenlevande organismer med långtidseffekter.
		H317	Kan orsaka allergisk hudreaktion.

*Harmoniserad klassificering

Enkomponentsepoxi är sällan klassificerad som produkt. Däremot ska epoxiföreningar med en medelmolekylvikt ≤ 700 g/mol märkas med följande angivelse under avsnitt 2 i säkerhetsdatablad: EUH205 – ”Innehåller epoxiförening. Kan orsaka en allergisk reaktion.”

PNEC-värden

I Tabell 11 finns PNEC för vatten- och marklevande organismer för bisfenol A. Av ämnena i Tabell 10 är det endast bisfenol A som har tillgängliga PNEC värden hos ECHA.

Tabell 11. PNEC för bisfenol A

Var	PNEC
Avloppsreningsverk ^a	320 mg/L
Sötvatten ^a	18 µg/L
Intermittenta utsläpp (sötvatten) ^a	11 µg/L
Jord ^b	3,7 mg/kg soil dw

^a faror för vattenlevande organismer ^b faror för markorganismer

Övriga ämnen

Utöver de komponenter som nämnts ovan tillsätts en del övriga komponenter som: initiatorer, katalysatorer, acceleratorer, antioxidanter och pigment (“Övrigt” i Tabell 1). Vilka övriga komponenter som tillsätts varierar mycket beroende på till exempel kemisk komposition i hartsen och vilken metod som ska användas för att härda hartsen.

Generellt uppnås härdning med en radikalinitiator (vanligen fotoinitiator eller peroxider) och en promotor. En promotor hjälper nedbrytningen av initiatorsystemet vilket genererar radikaler. För att radikaler inte ska bildas spontant tillsätts ibland inhibitorer (till exempel hydrokinon)

⁴⁰ ECHA: <https://echa.europa.eu/sv/information-on-chemicals/cl-inventory-database/-/discli/details/123693> (hämtat 20200702)

De övriga komponenter som rapporterats av leverantörer namnges inte i denna rapport då leverantörer vill bibehålla sekretess på dessa ämnen. Dessa ämnen utgör sällan mer än några vikt-% av hartsen. Det betyder att de inte påverkar klassificeringen av själva huvudprodukten även om det enskilda ämnet är klassificerat. Många av de komponenter som listas som "Övrigt" i Tabell 1 ingår inte som beståndsdelar i det polymernätverk som bildas då hartsen härdas. Det finns därför potentiellt risk att dessa avges till luft och till vatten i samband med genomförande av infodringen. Många av de kemiska ämnena som används som fotoinitatorer och acceleratorer har eller misstänks ha inneboende egenskaper som gör att de är utfasningsämne enligt Kemikalieinspektionen PRIO-kriterier⁴¹.

Foder

De material som används i flexibla foder består antingen av polyesterfilt eller glasfiber som är dränkt i ett harts som sedan härdas och bildar det flexibla fodret inuti röret som renoveras. Det vanligaste fodret i denna sammanställning har varit glasfiber. Olika foder kan ge olika tekniska för och nackdelar. Exempelvis olika tjocklek eller att de lämpar sig olika bra för anpassningar till böjar och dimensionsförändringar. Ibland har foder behandlats med en yta (till exempel bestående av polypropen, polyeten eller polyvinylklorid)⁴².

Arbetsmiljö vid exponering av glasfiber

För exponering av kontinuerliga glasfibrer finns sedan 2005 gränsvärden för tillåten arbetsmiljöexponering via luft (AFS 2018:1). Som nivågränsvärde för tillåten genomsnittlig exponering under en arbetsdag gäller 1 fibrer/cm³. Med kontinuerliga fibrer menas fibrer, som har ett längdbreddförhållande större än 3:1, en diameter mindre än 3 µm och en längd större än 5 µm. Kortare glasfibrer kräver medicinska kontroller och är cancerframkallande.

Initiatorer

Initiatorer utgör inte en del av den härdade polymeren. Större andelen av dem kommer dock sönderfalla till reaktiva ämnen som startar härdningen. De kommer alltså inte finnas kvar i sin ursprungliga form i slutmaterialet. Däremot bildas nya föreningar som i en del fall är flyktiga organiska föreningar⁴³.

En del av de övriga organiska föreningar som identifierats i RISE analys av 13 driftsatta flexibla foder (se "Tidigare uppföljningar efter installation av flexibla foder" under "Styren") kan vara nedbrytningsprodukter från initiatorer och acceleratorer.

⁴¹ Kemikalieinspektionen: <https://www.kemi.se/prio-start/kriterier/prio-amnens-egenskaper> (hämtat 20200610)

⁴² Ra, K., Teimouri Sendesi, S. M., Howarter, J. A., Jafvert, C. T., Donaldson, B. M., & Whelton, A. J. (2018). Critical Review: Surface Water and Stormwater Quality Impacts of Cured-In-Place Pipe Repairs. *Journal-American Water Works Association*, 110(5), 15-32.

⁴³ Ra, K., Teimouri Sendesi, S. M., Howarter, J. A., Jafvert, C. T., Donaldson, B. M., & Whelton, A. J. (2018). Critical Review: Surface Water and Stormwater Quality Impacts of Cured-In-Place Pipe Repairs. *Journal-American Water Works Association*, 110(5), 15-32.

Fotoiniatorer

I denna sammanställning är den vanligaste rapporterade härdningsmetoden UV-ljus. Vanliga fotoiniatorer för att härda omättade polyesterhartser och deras 10 vanligaste egenklassificeringar presenteras i (Tabell 12).

Tabell 12. Vanliga fotoiniatorer⁴⁴.

Fotoiniator	EG-nummer	Klassificering	Faroangivelse
Benzoin methyl ether	222-538-7	H301	Giftigt vid förtäring.
		H311	Giftigt vid hudkontakt.
		H331	Giftigt vid inandning.
		H302	Skadligt vid förtäring.
2,2-Dimethoxy-2-phenylacetophenone	246-386-6	H302	Skadligt vid förtäring.
		H373 (liver kidney)	Kan orsaka organskador (lever, njurar) genom lång eller upprepad exponering.
		H412	Skadliga långtidseffekter för vattenlevande organismer.
		H400	Mycket giftigt för vattenlevande organismer.
		H410	Mycket giftigt för vattenlevande organismer med långtidseffekter.
		H317	Kan orsaka allergisk hudreaktion.
2-Hydroxy-2-methylphenylpropane-1-one	231-272-0	H302	Skadligt vid förtäring.
		H412	Skadliga långtidseffekter för vattenlevande organismer.
		H400	Mycket giftigt för vattenlevande organismer.
		H410	Mycket giftigt för vattenlevande organismer med långtidseffekter.

⁴⁴ Fink, J. K. (2017). Reactive polymers: fundamentals and applications: a concise guide to industrial polymers. William Andrew.

		H317	Kan orsaka allergisk hudreaktion.
α-Hydroxy-acetophenone	204-288-0	H315	Irriterar huden.
		H319	Orsakar allvarlig ögonirritation.
		H335	Kan orsaka irritation i luftvägarna.
		H302	Skadligt vid förtäring.
Bis(2,6-dimethoxybenzoyl)-2,4,4-trimethylpentylphosphine oxide	676-703-7	H317	Kan orsaka allergisk hudreaktion.
		H400	Mycket giftigt för vattenlevande organismer.
		H410	Mycket giftigt för vattenlevande organismer med långtidseffekter.
Diphenyl(2,4,6-trimethylbenzoyl)phosphine oxide	278-355-8	H361f*	Misstänks kunna skada fertiliteten.
		H317	Kan orsaka allergisk hudreaktion.
		H360	Kan skada fertiliteten eller det ofödda barnet
		H341	Misstänks kunna orsaka genetiska defekter.
		H412	Skadligt vid hudkontakt
Phenylbis(2,4,6-trimethylbenzoyl)phosphine oxide	423-340-5	H317*	Kan orsaka allergisk hudreaktion.
		H413*	Kan ge skadliga långtidseffekter för Vattenlevande organismer.

*Harmoniserad klassificering

Peroxider

Peroxider är vanliga initiatorer för att härda polyesterhartser. Peroxider kan användas vid olika temperaturer både för att uppnå härdning vid rumstemperatur eller vid förhöjda temperaturer. I Tabell 13 visas vanliga initiatör-acceleratorer⁴⁵.

Fyllmedel

Vilka fyllmedel som används i de olika hartserna har inte redovisats. Generellt används ofta magnesiumoxid (MgO) för glasfiberförstärkta foder för att göra hartsen med viskös. För filtoder används ibland aluminiumhydroxid (Al(OH)₃) för att förbättra de mekaniska egenskaperna och öka viskositeten.

Installation

Installation av flexibla foder sker ute på fält där det kan vara svårt att kontrollera den omgivande miljön. Hartserna som härdas till nya plaströr kan antingen blandas till på fabrik för att sedan härdas på plats eller så kan de blandas till på plats innan härdningen. För att minimera stegen på plats som hanterar koncentrerade kemikalier kan det innebära en mindre risk att hartserna blandas i fabriker under kontrollerade förhållanden. För installationer utanför byggnader så sker det med produkter som alltid är förberedda i fabrik.

Material som härdas med värme fraktas ofta till platsen i kylda utrymmen, för att undvika spontan polymerisering⁴⁶. Samma hänsyn behöver inte tas vid transport av material som ska härdas med UV-ljus.

Härdningstiden vid installation varierar beroende på faktorer som längden på röret, tjocklek på fodret och hartsets komposition. Efter avslutad härdning är det vanligt att en luftström förs genom röret och att ändarna på fodret tas bort⁴⁶.

Vatten kan förorenas vid installation av flexibla foder till exempel från sköljvatten och kondensvatten (vid användning av ånga för att härda materialet)⁴⁶.

Vid kapning och slipning behövs rätt skyddsutrustning ur arbetsmiljösynpunkt för att inte andas in fibrer och damm. För att inte riskera att damm och spån sprids till omgivande miljö bör allt spill samlas upp.

⁴⁵ Fink, J. K. (2017). Reactive polymers: fundamentals and applications: a concise guide to industrial polymers. William Andrew.

⁴⁶ Ra, K., Teimouri Sendesi, S. M., Howarter, J. A., Jafvert, C. T., Donaldson, B. M., & Whelton, A. J. (2018). Critical Review: Surface Water and Stormwater Quality Impacts of Cured-In-Place Pipe Repairs. Journal-American Water Works Association, 110(5), 15-32.

Tabell 13. Vanligt förekommande initiator-acceleratorsystem.

Initiator	EG-nummer	Klassificering	Faroangivelse	Accelerator	EG-nummer	Klassificering	Faroangivelse	Temp [°C]
Methylethylketone peroxide	215-661-2	H242	Brandfarligt vid uppvärmning.	Cobalt naphthenate	263-064-0	H317	Kan orsaka allergisk hudreaktion.	20
		H302	Skadligt vid förtäring.			H372	Orsakar organskador genom lång eller upprepad exponering.	
		H314	Orsakar allvarliga frätskador på hud och ögon.			H412	Skadliga långtidseffekter för vattenlevande organismer.	
		H318	Orsakar allvarliga ögonskador.			H411	Giftigt för vattenlevande organismer med långtidseffekter.	
		H241	Misstänks kunna orsaka genetiska Defekter.			H334	Kan orsaka allergi- eller astmasymptom eller andningssvårigheter vid inandning.	
		H203	Explosivt. Fara för brand, tryckvåg eller splitter och kaststycken.			H361(f)	Misstänks kunna skada fertiliteten.	
		H330	Dödligt vid inandning.			H302	Skadligt vid förtäring.	
		H332	Skadligt vid inandning.			H315	Irriterar huden.	

Tabell 13. Vanligt förekommande initiator-acceleratorsystem.

Initiator	EG-nummer	Klassificering	Faroangivelse	Accelerator	EG-nummer	Klassificering	Faroangivelse	Temp [°C]
Dibenzoyl peroxide	202-327-6	H241*	Brandfarligt eller explosivt vid uppvärmning.	N,N-Dimethylanilin	204-493-5	H301	Giftigt vid förtäring	60
		H319*	Orsakar allvarlig ögonirritation.			H311	Giftigt vid hudkontakt	
		H317*	Kan orsaka allergisk hudreaktion.			H331	Giftigt vid inandning.	
		H400	Mycket giftigt för vattenlevandeorganismer.			H351	Misstänks kunna orsaka cancer.	
		H410	Mycket giftigt för vattenlevande organismer med långtidseffekter.			H411	Giftigt för vattenlevande organismer med långtidseffekter.	
Di-tert-butyl peroxide	203-733-6	H225*	Mycket brandfarlig vätska och ånga.					130
		H242*	Brandfarligt vid uppvärmning.					
		H341*	Misstänks kunna orsaka genetiska defekter.					

Tabell 13. Vanligt förekommande initiator-acceleratorssystem.

Initiator	EG-nummer	Klassificering	Faroangivelse	Accelerator	EG-nummer	Klassificering	Faroangivelse	Temp [°C]
tert-Butylperoxybenzoate	210-382-2	H242	Brandfarligt vid uppvärmning.					130
		H315	Irriterar huden.					
		H317	Kan orsaka allergisk hudreaktion.					
		H332	Skadligt vid inandning					
		H400	Mycket giftigt för vattenlevande organismer.					
		H412	Skadliga långtidseffekter för vattenlevande organismer.					
		H240	Explosivt vid uppvärmning.					

Härldningsmetoder

Hartserna kan härldas antingen med värme (varmt vatten eller ånga) eller med UV-ljus. En härldningsprocess kan även ske med omgivande temperatur vid tillsats av en initiator och acceleratorer. De två vanligaste härldningsmetoderna för platshärldade flexibla foder är via UV-ljus eller vatten/ånga.

Olika härldningsmetoder kan vara förknippade med olika foder och blandningar som kan ge olika tekniska egenskaper. Även ur miljöhänsyn kan olika härldningstekniker påverka på olika sätt.

Vid användning av vattenånga så bildas processvatten som innehåller monomerer, lösningsmedel eller andra ämnen från startmaterialet. Om detta riskerar att utgöra ett problem beror på hur detta processvatten tas om hand. Vid härldning med vattenånga så kommer även mer av flyktiga ämnen att avgå till luften jämfört med UV-teknik för härldning.

För de olika härldningsteknikerna så tillsätts även olika initiatorer, katalysatorer och andra additiv som kan ha olika miljö- och hälsoegenskaper. Se ämnesrubriker ovan.

Uppföljningar av styrenbaserade flexibla foder för väg- och järnvägstrummor har visat att olika härldningsmetoder för installation kan vara förknippade med olika utsläppshalter till vatten från det installerade materialet. För trummor där vattenånga har använts för härldning, så har utsläpp till vatten analyserats i halter över PNEC-värden för sötvatten, men även PNEC för avloppsreningsverk^{47, 48}. Det ska dock förtydligas att inga jämförande publika studier där olika utsläppshalter kopplade till olika härldningstekniker jämförs under kontrollerat likvärdiga förhållanden finns tillgängliga.

Mikroplaster

Platshärldade flexibla foder har inte utvärderats specifikt som en eventuell källa till mikroplaster. På uppdrag av Naturvårdsverkets presenterade IVL svenska miljöinstitutet en kartläggning av källor och spridningsvägar av mikroplast i Sverige 2017. Kartläggningen gav en första samlad bild av mikroplasternas ursprung. I rapporten identifierades de tre huvudplaster används i byggnadsarbeten som polyvinylklorid, polyeten och polystyren⁴⁹. Under konstruktion eller underhållsarbete, som sågning, slipning och borring av plastytor, kan mikroplastpartiklar frigöras till luften. För byggarbete inomhus finns det gränser för mängden damm arbetare får utsättas för (10 mg per m³). Utomhus finns däremot inga gränser satta för utomhusdamm och de partiklar som släpper sprids lätt av vind och regn.

Vi bedömer att de platshärldade flexibla fodren potentiellt kan vara en källa till mikroplaster, men detta är något som borde studeras mer ingående. Mikroplasterna kan uppkomma både under installationsfasen till exempel vid kapning av ändarna på de flexibla fodren. Vidare kan mikroplaster bildas som följd av slitageförluster under användningsfasen. Slitageförlusterna beror på ett stort antal

⁴⁷ Donaldson, B. M. (2009). Environmental Implications of Cured-in-Place Pipe Rehabilitation Technology. *Journal of the Transportation Research Board*, 2123, 172–179.

⁴⁸ von Stedingk H. Birgersson C. Trafikverket 2019, Uppföljning av styrenutsläpp i samband med infodring av trummor

⁴⁹ Magnusson, K., Eliasson, K., Fråne, A., Haikonen, K., Hultén, J., Olshammar, M., ... & Voisin, A. (2016). Swedish sources and pathways for microplastics to the marine environment. A review of existing data. IVL, C, 183.

variabler till exempel: vattenflöde, kontakt med sura, alkaliska eller saltföreningar och exponering för slipande förhållanden (som partiklar i vattnet).

Diskussion

För installationer av platshärdade flexibla foder så kommer olika kemikalier att hanteras på arbetsplatser där förutsättningarna kommer att variera. Detta kan också innebära olika miljö- och hälsorisker då det ingår reaktiva ämnen som har potential att orsaka problem om de hamnar på oönskad plats i för höga koncentrationer. Alla installationer av platshärdade flexibla foder är förknippade med en viss risk utifrån de ingående kemikalierna som hanteras. Det är generellt förknippat med mindre risk om så mycket som möjligt av blandning och förberedelser av material, kan genomföras på fabrik innan arbetet på plats påbörjas. Vissa produkter behöver blandas till på plats just innan installation, medan andra produkter kan förberedas i fabrik och kan fraktas/lagras en viss tid. Desto mindre hantering på plats av farliga ämnen, desto mindre risk för en olycka där något oplanerat inträffar. Det finns exempel på incidenter beskrivna i litteraturen där utsläpp av startmaterial skett som haft en negativ påverkan på omgivande miljö⁵⁰. Att kemikalierna/produkterna hanteras på ett säkert sätt är både en miljöfråga och arbetsmiljöfråga för de som installerar produkterna. En blandning/hantering på plats kan också förknippas med risk för variation i slutresultatet. För Tappvattenrör så är bisfenol A innehållande så kallad tvåkomponentsepxi som blandas på plats ej tillåten att användas i Sverige idag, medan enkomponentsepxi som blandas/förbereds i fabrik är tillåten. Detta på grund av att den härdade produkten kan läcka högre halter av bisfenol till vattnet som passerar det installerade materialet.

Då flera av de ämnen som ingår i produkterna är flyktiga så kan utsläpp till luft ske. Detta kan leda till hälsorisker för fler än de som arbetar med installationen. Detta kan vara en aspekt som framförallt behöver vägas in i samband med arbeten i stadsmiljö. Vid ett arbete nära en skola/förskola eller liknande bör åtgärder anpassas beroende på val av metod för installation. Vid installation av styrenbaserade produkter så kommer doft av styren att kännas även om inte arbetshygieniska gränsvärden överskrids. Det kan dock uppfattas som obehagligt att känna en stark kemikaliedoft samtidigt som det sprutar rök (vattenånga) från en dånande maskin. Vet man inte vad det är så kan det vara svårt att avgöra om det har skett en olycka och om man ska skynda sig från platsen eller inte. Även om inte ämnena är akuttoxiska så är det lämpligt att informera boende och intilliggande verksamheter om vilket arbete som genomförs och att det kommer att lukta lösningsmedel. Arbete i närheten av skolor/förskolor bör genomföras under skollediga dagar. Ämnena styren och bisfenol A är förknippade med potentiellt hormonstörande egenskaper. Utifrån en försiktighetsprincip är det lämpligt att inte utsätta barn för sådan exponering även om halterna normalt ligger under gränsvärden. En marginal för oplanerade händelser som leder till utsläpp till luft är extra viktig vid installation i boendemiljö eller vid skolor. Inom vilket avstånd från arbetsplatsen som boende bör informeras eller

⁵⁰ Ra, K., Teimouri Sendesi, S. M., Howarter, J. A., Jafvert, C. T., Donaldson, B. M., & Whelton, A. J. (2018). Critical Review: Surface Water and Stormwater Quality Impacts of Cured-In-Place Pipe Repairs. *Journal-American Water Works Association*, 110(5), 15-32.

som andra åtgärder bör vidtas, bör utvärderas från plats till plats. Beroende på härdningsteknik kan doft av styren kännas på kilometers avstånd⁵¹.

En fullständig riskbedömning av materialen är svårt att göra då det saknas publika studier för vilka ämnen som kan emigrera från materialen och i vilka halter. Detta gäller främst för tillsatser som katalysatorer, stabilisatorer eller fotoinitatorer. Vidare finns idag kunskapsluckor kring vilka nedbrytningsprodukter som kan frigöras till omgivande miljö vid härdningen. En del av de ingående komponenterna bryts ned vid härdning (till exempel initatorer), men dessa nedbrytningsprodukter har inte blivit fullt karakteriserade. Men bedömningen görs att det är de reaktiva lösningsmedlen som också återfinns i produkterna i högst koncentration som har potential att ha störst negativ påverkan på hälsa eller miljö. Detta både i samband med själva installationen men även efter att produkten tas i bruk.

För den härdade produkten som tas i bruk så kommer startmaterial som inte bildat en polymerbindning, kunna läcka ut från materialet med tiden. Då ett rör renoveras med ett flexibelt foder används ofta stora mängder kemikalier. För att installera ett plattshärdat flexibelt foder som är 0,5 cm tjockt i ett rör som är 1 m i diameter och 100 m långt med ett styrenbaserat omättat polyesterharts behövs 781 L styren (om hartsen innehåller 50 % styren). Om 98 % av all styren reagerar under härdningen innebär det att 2 % av startmonomererna är oreagerade vilket motsvarar 15,5 L styren.

Att materialen som installeras härdar så fullständigt som möjligt är den faktor som kommer att påverka om startmaterialen kommer kunna avges efter installation. För de omättade polyesterhartserna reagerar vinylgruppen i vinylmonomererna och kan inte återbildas från den plast som härdats. För epoxihartser finns en viss teoretisk möjlighet att bisfenol A kan återbildas, men tidigare studier av enkomponents epoxihartser har visat att denna risk är låg.

Styrenfria alternativ

Syftet med denna rapport är att medvetandegöra miljö-och hälsoegenskaper för de olika infodringsalternativen för att på så sätt styra mot bättre alternativ när sådana finns tillgängliga. I denna rapport redovisas tre alternativ där andra kemikalier än styren används för infodring med armerad plast. Två alternativa vinylmonomerer till polyester hartser: vinyltoluen och akrylat/metakrylat, samt epoxibaserade produkter.

För att använda de "styrenfria" alternativen för att åtgärda/renovera avloppsrör utan att behöva byta ut röret mot ett helt nytt ska produkten ge acceptabla tekniska egenskaper. Den vanligaste hartsen som används i kommunala avloppsnät idag är styrenbaserad, därför ska prestandan vara jämförbara med den som idag kan erhållas med styrenbaserad plast. Säkerställande av att alternativa produkter klarar funktionskrav/tekniska krav ingår inte i denna utvärdering.

Vinyltoluen (3-metylstyren) är en alternativ monomer som ingår i produkter som marknadsförs som "styrenfria". För vinyltoluen (Figur 3) finns ingen harmoniserad klassificering, däremot finns det notifierade klassificeringar. Utifrån de strukturella likheterna med styren så är risken överhängande

⁵¹ Ra, K., Sendesi, S. M. T., Nuruddin, M., Zyaykina, N. N., Conkling, E. N., Boor, B. E., ... & Whelton, A. J. (2019). Considerations for emission monitoring and liner analysis of thermally manufactured sewer cured-in-place-pipes (CIPP). *Journal of hazardous materials*, 371, 540-549.

att de båda ämnena har liknande toxiska egenskaper (se Tabell 2 för styrens klassificeringar). Till exempel har styren en harmoniserad klassificering som H361 (misstänks kunna skada fertiliteten eller det ofödda barnet), vinyltoluen har ett fåtal notifierade klassificeringar (ej harmoniserade) som anger att ämnet ska klassificeras som H361. Vidare anger cirka hälften av de företag som registrerat tillverkning/import inom EU att den notifierade klassificeringarna H411 ska tillämpas (giftigt för vattenlevande organismer med långtidseffekter). Isomeren 2-metylstyren (Figur 3) har även en harmoniserad klassificering som bland annat H411.

Utifrån de strukturella likheterna med styren så bör inte vinyltoluen ses som ett självklart val för ett bättre alternativ ur miljösynpunkt. För val mellan styren- eller vinyltoluen-baserade produkter så bör den lösning väljas som leder till lägst utsläpp av ämnet (ingående monomer).

Även akrylater/metakrylater är alternativa monomerer som ingår i produkter som marknadsförs som "styrenfria". Generellt ses akrylater och metakrylater som potenta sensibiliserande ämnen. Det är främst huden eller andningsorganen överkänslighetsbesvären drabbar. För installerande personal kan de sensibiliserande egenskaperna ses som mer acceptabla än exempelvis reproduktionstoxiska (H361d misstänks kunna skada det ofödda barnet, som styren har klassificerats som).

Epoxibaserade produkter där bisfenoler (till exempel bisfenol-A) ingår som monomer finns också som alternativ. Idag används epoxi-systemen på mer begränsade sträckor till exempel med trånga dimensioner. Bisfenol A är en monomer som regleras starkt och finns upptagen på REACH-kandidatförteckning, vidare har bisfenol A inneboende egenskaper som gör att den uppfyller kriterierna för att utgöra ett utfasningsämne enligt PRIO-kriterierna⁵². Användningen av epoxi-system bör därför begränsas. Utifrån de strukturella likheterna mellan de olika bisfenolerna (se exempel i Figur 5) bör inte heller andra bisfenoler ses som ett bättre val.

Alla de monomerer som presenteras i denna rapport som alternativ till styren har reaktiva egenskaper som gör att de har potential att påverka miljö och hälsa negativt. I samband med installation av platshärdade flexibla foder bör därför arbetet genomföras så att halterna av utsläppta kemikalier blir så låga som möjligt, med krav på att det åtminstone går att säkerställa att PNEC-värden för de olika ämnena inte överskrids.

Tillgänglig information för ingående ämnen

Minimikrav för hur information om olika ämnens hälso- och miljöegenskaper ska deklarerars styrs av REACH-förordningen. Som användare eller beställare har du inte rätt att kräva att få ta del av information för alla ingående ämnen och material i en vara eller kemisk produkt. Leverantörer/tillverkare är dock skyldiga att ge information om innehåll av farliga ämnen. Vilka ämnen som ska betraktas som farliga regleras inom REACH.

Informationskraven skiljer sig för varor respektive kemiska produkter. Därför blir det avgörande för vilken information som kan förväntas vara tillgänglig om produkt som används ska betraktas som vara eller kemisk produkt.

För varor finns krav på att ämnen som är upptagna på kandidatförteckningen redovisas om de förekommer över 0,1%. Kandidatförteckningen innehåller nu drygt 200 ämnen. Det finns även vissa

⁵² Kemikalieinspektionen: <https://www.kemi.se/prio-start/kriterier/oversiktstabell> (hämtat 20200701)

ämnen som omfattas av begränsningar och förbud, men som kan vara tillåtna att använda för specifika tillämpningar. Sådana produkter/tillämpningar är då i regel också förknippade med att information behöver ges om innehåll av ett sådant ämne.

Enligt REACH förordningen definieras en vara som ett föremål som under produktionen får en särskild form, yta eller design, vilken i större utsträckning än dess kemiska sammansättning bestämmer dess funktion.

Är det däremot en kemisk produkt så finns krav på att säkerhetsdatablad ska tillhandahållas från leverantör/tillverkare om det förekommer farliga ämnen. Informationskraven för kemiska produkter täcker in betydligt fler ämnen än kraven för varor. Vilka ämnen som ska betraktas som farliga regleras i förordningen för klassificering, märkning och förpackning av ämnen (CLP, 1272/2008).

Det är inte självklart om produkter som används för infodring av rör och ledningar ska betraktas som en kemisk produkt eller vara. Det går att argumentera för att den produkt som kommer till byggarbetsplatsen är en kemisk produkt och att informationskraven för en kemisk produkt då ska gälla. För att säkerställa att information erhålls utifrån krav som gäller för kemiska produkter, så kan det vid en upphandling behöva förtydligas vilka förväntningar och krav som ställs för information om farliga ämnen. För den produkt/det material som levereras till arbetsplatsen så bör det vid en upphandling inkluderas krav att beställare får ta del av information om farliga ämnen utifrån kriterier som gäller för kemiska produkter (CLP-förordningen 1272/2008). Samtliga leverantörer som kontaktats inom arbetet för denna sammanställning har givit information för sina produkter med säkerhetsdatablad som hänvisar till kriterier enligt CLP.

Utöver det så bör krav ställas att beställare får ta del av information för den uthärdade slutprodukten utifrån krav som gäller för en byggvarudeklaration. Detta enligt redovisningskrav som gäller för den byggbranschgemensamma redovisningsmallen eBVD2015. Det är denna redovisningsnivå som också miljöbedömningssystemen Byggvarubedömningen och SundaHus kräver för en bedömning av kemiskt innehåll. Med en innehållsförteckning som följer krav för en byggvarudeklaration så ger leverantören/tillverkaren information om vilken typ av plast som slutprodukten kommer att bestå av (ex polystyren), men också eventuella kvarvarande additiv eller monomerer som förekommer i halter över 2% av materialet eller i koncentrationer som skulle vara redovisningspliktiga enligt CLP förordningen om det var en kemisk produkt. Kraven inkluderar även krav för redovisning av potentiellt hormonstörande ämnen ner till en haltgräns av 0,1%. I praktiken betyder det att leverantören/tillverkaren då behöver redovisa vilken maximal halt av exempelvis ämnet styren som kan garanteras för den härdade produkt som är redo att tas i bruk. Att dokumentera vilka material som byggs in och vilka additiv och monomerer som förekommer i slutprodukten, möjliggör en spårbarhet för att kunna vidta lämpliga åtgärder om ny information kommer fram efter genomförd åtgärd. Informationen kan vara användbar för att förstå källor till ämnen som analyseras vid uppföljningar i reningsverk eller liknande. Detta både för att eventuellt kunna härleda en koppling mellan material som installeras, men även för att kostnadseffektivt kunna avföra en infodringsåtgärd som källa till en uppmätt halt av oönskat ämne.

Uppföljning av härdade material

För produkter som är avsedda för dricksvattenledningar så finns krav på att materialen inte avger ohälsosamma koncentrationer av skadliga ämnen. Installationerna ska heller inte avge lukt eller smak till tappvattnet. För material som används för avlopp och dagvattenledningar så behöver de nödvändigtvis inte uppfylla samma krav. För en avloppsledning så kommer det vatten som passerar ledningen att gå till ett avloppsreningsverk. Det finns dock inte några publika rapporter där halter av ingående vinylmonomerer som når reningsverk har utvärderats. För att kunna avgöra om, och i så fall när, det kan utgöra ett problem så behöver studier genomföras där halter av ingående ämnen analyseras i samband med infodringsåtgärd. Halter av aktuella ämnen bör analyseras i det vatten som når reningsverket, men även vilka mängder som går att mäta i det utgående vattnet efter reningsverket. Det finns PNEC-värden för avloppsvatten som utsläppen kan förhållas till. Ett PNEC-värde är den koncentration som sannolikt inte orsakar någon negativ biologisk effekt. Det vill säga, halter under PNEC-värdet förväntas inte ge en mätbar akut toxikologisk effekt. För styren, vinyltoluen och tetrametylen dimetakrylat så ligger PNEC värdena mellan 2–17 mg/L. Tidigare resultat från uppföljningar av vägtrummor där styrenbaserade alternativ installerats visar att koncentrationer över PNEC-värdet för styren kan överskridas redan vid förhållandevis korta vägtrummor. Om en infodringsåtgärd kommer att kunna orsaka halter över 5 mg/L i vatten som når reningsverket kommer att bero på parametrar så som längd på ledning som åtgärdas, dimension, vattenflöde, utspädning innan vattnet når reningsverket och tid för vattnet att nå reningsverket. Vid en upphandling bör krav ställas att installationen genomförs med en produkt, teknik och omfattning som inte leder till högre halter än 5 mg/L i det vatten som når reningsverket. För dagvattenledningar så bör krav ställas för det vatten som når en sötvattenrecipient, att installationen inte får orsaka högre halt än de PNEC-värden för sötvatten som ges för respektive ingående ämne. Att kravställa utifrån PNEC-värden som ges på ECHA's hemsida kan vara ett förhållningssätt för att säkerställa en viss grundläggande nivå. PNEC-värdena utgår från korttidstest och det kan finnas organismer som är betydligt mer känsliga vid exempelvis en mer långvarig exponering. Då rester från ex vinylmonomerer kan avgå under längre tid från ett flexibelt foder, så kan ytterligare hänsyn till känsliga naturmiljöer behöva beaktas beroende på vart installationen sker och vart det vatten som passerar materialen leds.

Erfarenheter från provtagning och analys av styren i vatten, har visat på vikten av att hantera prov svalt och analysera proven så snabbt som möjligt, för att erhålla tillförlitliga resultat. Proven bör förvaras mörkt och svalt (<+8 °C) i anslutning till provtagning och transport. Provtagning bör ske med behållare och metodik som labbet tillhandahåller eller hänvisar till. Proven bör hanteras skyndsamt så att de anländer till analyslabb så snart som möjligt (inom 24 timmar). Proven bör vidare hanteras av analyslabbet inom 48 timmar till ett steg i analysprocessen där inte nedbrytning av styren kan ske⁵³.

Att följa upp vilka halter av ingående ämnen som hamnar i reningsverk och recipienter i samband med infodring av flexibla foder ger en grund för att kunna utvärdera i vilken omfattning som kemikalieutsläpp sker och om det kan förväntas orsaka en biologisk effekt.

Det är dock inte självklart att det bara är halter för de ingående ämnen i produkterna som är relevanta att följa upp. Olika nedbrytningsprodukter kommer att bildas som är betydligt mer stabila än exempelvis vinylmonomererna själva. För en mer fullständig kartläggning och beskrivning av kemikalierelaterade risker för flexibla foder, så behöver även halter av potentiella

⁵³ Von Stedingk, H. (2020). PM, Uppföljning av styrenanalyser i vatten. Trafikverket

nedbrytningsprodukter följas upp över tid. Studier har identifierat kemikalier som är klassificerade men inte finns upptagna i säkerhetsdatablad, detta indikerar att vi inte vet så mycket om nedbrytningsprodukterna^{54, 55}.

Rekommendationer

För att förebygga risker förknippade med de kemikalier som används vid installation av flexibla foder så ges här några kortfattade rekommendationer riktade till beställarorganisationer.

- Inför ett arbete bör information samlas in om möjliga tillgängliga alternativ utifrån ett kemikalieriskperspektiv. För aktuella produkter så bör den information som ges i säkerhetsdatablad begäras in för den produkt som kommer att hanteras på arbetsplatsen. Vidare bör information begäras in som beskriver innehållet i det härdade materialet i enlighet med redovisningskrav för en byggvarudeklaration. Med en innehållsförteckning som följer krav för en byggvarudeklaration så ger leverantören/tillverkaren information om vilken typ av plast som slutprodukten kommer att bestå av (ex polystyren), men också eventuella kvarvarande additiv eller monomerer som förekommer i halter över 2% av materialet eller i koncentrationer som skulle vara redovisningspliktiga enligt CLP förordningen om det var en kemisk produkt. Informationen bör ligga till grund för formuleringar för kravformulering i en upphandling, men är också relevant ur ett spårbarhetsperspektiv.
- Uppföljning för att säkerställa att den information som lämnas i innehållsförteckning för det härdade materialet stämmer. Uppföljningen kommer främst vara relevant för ingående vinylmonomerer (eller epoxi) som förekommer i höga halter i hartserna, men även kvarvarande additiv eller andra monomerer som redovisas för det härdade materialet i byggvarudeklarationen eller liknande. Analys av en provbit från installationen bör ske och jämföras med de uppgifter om förväntat innehåll som leverantören lämnat på förhand.
- För utsläpp till luft bör krav ställas att utförare på förhand kan visa upp en riskanalys för arbetsmiljörisker där resultat från mätningar för maximala halter i luft beskrivs. Infodringsarbetet ska genomföras på ett sätt så att bindande eller vägledande korttidsgränsvärden som sätts av arbetsmiljöverket ej överskrids (AFS 2018:1). Utförare bör beskriva vilka skyddsåtgärder de vidtar för att säkerställa att arbetet genomförs säkert för både installerande personal, men även andra berörda. Utifrån förväntad kemikaliedoft vid installationsarbetet bör boende och andra berörda informeras om arbetet för att undvika onödig oro. Installation i närheten av skolor/förskolor bör ske under skollediga dagar.

⁵⁴ Ra, K., Teimouri Sendesi, S. M., Howarter, J. A., Jafvert, C. T., Donaldson, B. M., & Whelton, A. J. (2018). Critical Review: Surface Water and Stormwater Quality Impacts of Cured-In-Place Pipe Repairs. *Journal-American Water Works Association*, 110(5), 15-32.

⁵⁵ Ra, K., Sendesi, S. M. T., Nuruddin, M., Zyaykina, N. N., Conkling, E. N., Boor, B. E., ... & Whelton, A. J. (2019). Considerations for emission monitoring and liner analysis of thermally manufactured sewer cured-in-place-pipes (CIPP). *Journal of hazardous materials*, 371, 540-549.

- Utförare bör även på förhand beskriva planerad hantering för att undvika damm-exponering i samband med kapning och anpassning av härdat material. Krav bör ställas att damm och övrigt restmaterial ska samlas upp för att undvika risk för spridning av mikroplaster.
- Krav bör ställas att utförare väljer produkt och installationsmetod så att inte PNEC-värden för respektive ämne för avloppsreningsverk överskrids. Är det en dagvattenledning som leds direkt till recipient så bör hänvisning till PNEC-värde för sötvatten användas. För dricksvatten gäller specifika krav.
- Uppföljning av vatten med kemiska analyser bör ske i samband med att ledningen åter tas i bruk. Uppföljningen bör inkludera både analyser för att följa upp mot krav som formuleras i upphandlingen, men även för att följa upp i vilken omfattning som infodringsarbetet kan förknippas med förhöjda halter i det vatten som slutligen når recipient.

Vidare studier

Som beskrivs ovan så saknas publika rapporter där uppföljning av utsläpp från avloppsledningar har följts upp. Det är idag oklart för vilka halter av vinylmonomerer eller andra ämnen som ingår i material för flexibla foder, som når reningsverken. För att kunna säkerställa att det inte sker utsläpp i några koncentrationer som kan vara problematiska så behöver det mätas.

Ur både ett ekonomiskt och miljömässigt perspektiv så skulle det vara tveksamt att sätta upp storskaliga försök endast i studiesyfte, där olika produkter och härdningstekniker jämförs under samma förutsättningar. Det skulle inte heller vara självklart att resultaten från ett sådant försök skulle spegla alla tänkbara scenarier som kan leda till variation i resultaten. Önskar Sveriges ledningsägare mer kunskap inom detta område så bör man samarbeta och dela med sig av information från olika projekt som genomförs. Att analysera vilka utsläpp som sker i samband med olika infodringsåtgärder är en grundförutsättning för att kunna avgöra om, och i så fall när, det kan vara ett problem. Då förutsättningarna kommer att variera mellan olika projekt så är utbyte av erfarenheter mellan olika ledningsägare avgörande för att erfarenheter ska fångas upp på ett effektivt sätt. Sammanställs resultat från flera ledningsägare så kommer möjligheten att dra statistiskt säkerställda resultat att öka betydligt. Exempelvis bör en sådan sammanställning kunna samordnas av Svenskt Vatten.

Den organisation som får i uppdrag att sammanställa sådana resultat bör då ansvara för att:

- Metodbeskrivning finns för hur provtagning och analys ska gå till.
- Kvalitetssäkra resultat från olika labb.
- Att resultat från olika projekt redovisas på ett likvärdigt sätt.
- Tolka resultat utifrån användning av olika produkter och härdningstekniker.

Att inkludera uppföljning med kemiska analyser bedöms kosta mellan 10 000 kr till 30 000 kr för provtagning och analys. En sådan kostnad borde vara rimlig för de enskilda projekten att ta, utifrån syftet att följa upp om leverantör levererat den kvalitet som krävts, men också för att bidra med data för att kunna dra lärdomar inför framtida projekt.

Uppföljningen bör minst omfatta analys av de monomerer som ingår i höga halter (till exempel styren). Prov bör tas för vatten som samlas in uppströms den infodrade ledningen, direkt efter, samt i

inkommande och utgående vatten till/från reningsverk. Prov bör tas inom den första timmen som den infodrade ledningen tas i bruk, men även ytterligare prov efter ca 24 timmar. Tid för provtagning av inkommande och utgående vatten från reningsverket bör anpassas till omsättningstiden i systemen, för att kunna avgöra vilken utspädning/nedbrytning som skett för de mängder som konstateras släppas ut från materialet.

Vid resultat som ligger över eller nära PNEC-värden bör ytterligare uppföljning ske för att kunna avgöra hur länge utsläpp pågår. Är ämnet mätbart i utgående vatten från reningsverket bör uppföljning ske kontinuerligt tills att ämnet inte kan påvisas. Hur ofta och vilka prov som ska tas bör utvärderas av den organisation som får i uppdrag att sammanställa resultat.

Det kan även finnas anledning att inkludera analyser av andra ämnen som används i materialen i lägre andel, eller ämnen som bildas som nedbrytningsprodukter. För att komma fram till relevanta analyser behöver då ett mer fördjupat försök genomföras.