

---

Svenskt Vatten

UTVECKLING

Rapport  
Nr 2023-11

---

# Styrenutsläpp i avloppsvatten vid installation av flexibla foder

---

Love Pallon

---

# Svenskt Vatten

## UTVECKLING

---

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

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

Svenskt Vatten Utveckling

Svenskt Vatten AB

POSTADRESS BOX 14057, 16714 Bromma

BESÖKSADRESS Gustavslundsvägen 12, 16751 Bromma

TELEFON 08-506 002 00

E-MAIL [svensktvatten@svensktvatten.se](mailto:svensktvatten@svensktvatten.se)

[www.svensktvatten.se](http://www.svensktvatten.se)

---

RAPPORTENS TITEL Styrenutsläpp i avloppsvatten vid installation av flexibla foder

TITLE OF THE REPORT Release of styrene in sewage waters when installing CIPP

FÖRFATTARE Love Pallon, RISE

RAPPORTNUMMER 2023-11

ANTAL SIDOR 44

SAMMANDRAG Styren är en viktig komponent i flexibla foder men har samtidigt ett flertal faroklassningar. I rapporten undersöks och kvantifieras utsläpp av styren i samband med installation av flexibla foder i avloppsledningar. Styrenfria flexibla foder baserade på akrylater är ett alternativ till styrenbaserade flexibla foder. Projektet har dokumenterat tre olika installationer av styrenfria produkter som numera finns på marknaden. Mer forskning behövs innan mätdata kan omvandlas till upphandlingskrav.

SUMMARY Styrene is one of the main components in CIPP but is also harmful in several ways. In this report the release of styrene into sewage water when installing CIPP is investigated. Sampling of the sewage water is done after installation to quantify the release of styrene. The report is also looking into CIPP liners that are free of styrene.

SÖKORD Flexibla foder, CIPP, schaktfri renovering, ledningsförnyelse, styren, styrenfritt, akrylater

KEYWORDS CIPP, cured in place pipes, trenchless renovation, no dig, styrene, styren free CIPP, akrylate based CIPP

MÅLGRUPPER Beställare av flexibla foder, VA-huvudmän, tillverkare av flexibla foder, installatörer av flexibla foder, allmänheten

RAPPORT Finns att hämta hem som pdf från Vattenbokhandeln. <https://vattenbokhandeln.svensktvatten.se/>

UTGIVNINGÅR 2023

UTGIVARE ©Svenskt Vatten AB

REFERENS Pallon L. (2023). Styrenutsläpp i avloppsvatten vid installation av flexibla foder. SVU-rapport 2023-11. Stockholm: Svenskt Vatten.

## Om projektet

PROJEKTNUMMER 21-104

PROJEKTETS NAMN Utredning av styrenutsläpp: infodring med flexibelt foder

PROJEKTETS FINANSIERING Svenskt Vatten Utveckling, Kretslopp & Vatten, Stockholm Vatten och Avfall, Aarsleff, Avloppsrallarna, Pollex

---

# Förord

Flexibla foder är en vanlig metod för omläggning av självfallsledningar för spillvatten. I ohärdat tillstånd består en konventionell produkt av en stor del styren. Det saknas dock tillgängliga data på huruvida styren läcker ut i samband med installation. Detta var något som uppmärksammades i arbetet med det tidigare SVU-projektet *Flexibla foder – kunskapsöversikt och statusbedömning av driftsatta foder*, och insikten kom då att det vore bra om mer mätdata kunde göras tillgängliga. Därifrån kom idén att initiera detta projekt.

Projektet vill tacka Svenskt Vatten Utveckling för tron på projektidén och för finansieringen. Projektet har huvudsakligen genomförts av RISE men hade inte varit möjligt utan stöd från Kretslopp och Vatten, Stockholm Vatten och Avfall, Aarsleff, Avloppsfallarna och Pollex. Tack både för deras medfinansiering och för mätningar på deras installationer av flexibla foder. Alla ovanstående har även bidragit med stor kunskap och perspektiv i samband med installationer och referensgruppsmöten.

Richard Sott och Björn Nguyen ska ha ett extra stort tack för alla insatser med analys av prover samt beskrivning av metodik (Avsnitt 2.1).

Love Pallon

---

# Innehåll

Förord .....	2
Sammanfattning .....	4
Summary .....	5
<b>1 Inledning .....</b>	<b>6</b>
1.1 Bakgrund .....	6
1.2 Syfte .....	7
1.3 Metodik .....	7
1.4 Avgränsningar .....	8
1.5 Styren .....	8
<b>2 Mätningar av styren i fält och labb .....</b>	<b>11</b>
2.1 Metoder för analys av styrenhalt .....	11
2.2 Mätningar i samband med installationer i fält .....	12
2.3 Resultat av fältobservationer .....	14
2.4 Exponering av flexibla foder i labb .....	20
2.5 Diskussion om uppmätta styrenvärden i fält .....	22
2.6 Slutsatser om uppmätta styrenvärden .....	23
<b>3 Styrenfria flexibla foder .....</b>	<b>25</b>
3.1 Akrylat och metakrylat .....	25
3.2 Akrylatbaserade flexibla foder .....	26
3.3 Slutsatser för styrenfria flexibla foder .....	32
<b>4 Fortsatta arbeten .....</b>	<b>33</b>
Referenser .....	34
Bilaga A Uppmätta styrenvärden för alla installationer .....	37
Bilaga B Installationer gjorda i fält av styrenfria alternativ .....	38

---

# Sammanfattning

**Styren är en viktig komponent i flexibla foder men har samtidigt ett flertal faroklassningar. I rapporten undersöks och kvantifieras utsläpp av styren i samband med installation av flexibla foder i avloppsledningar. Styrenfria flexibla foder baserade på akrylater är ett alternativ till styrenbaserade flexibla foder. Projektet har dokumenterat tre olika installationer av styrenfria produkter som numera finns på marknaden. Mer forskning behövs innan mätdata kan omvandlas till upphandlingskrav.**

Flexibla foder är en schaktfri och effektiv metod för omläggning av ett åldrat ledningsnät. Det flexibla fodret kommer som en ohärdad produkt till installationsplatsen där det vrängs eller dras in i den befintliga ledningen. På plats i ledningen härdas fodret antingen med UV-ljus eller med värme. Ett flexibelt foder består före härdningen i regel av 15–50 procent styren. Installationen är ett kritiskt moment där styren kan läcka ut i spillvattennät och dagvattenledningar. Styren klassas som prioriterat riskminskningsämne enligt PRIO-guidens kriterier och finns med på SIN-listan från ChemSec. Trots att metoden har använts i över 50 år finns det brist på tillgängliga data över hur mycket styren som installationer av flexibla foder släpper ut.

I projektet undersöktes tio installationer av flexibla foder i avloppsledningsnätet genom mätning av styren i avloppsvatten 10 minuter, 1 timme samt 24 timmar efter att vattnet släppts på efter installationen. UV-härdade flexibla foder hade lägst läckage av styren till avloppsvattnet och uppvisade vid alla installationer mätvärden som var lägre än det av Europeiska kemikaliemyndigheten (ECHA) rekommenderade PNEC-värdet (5 mg/l) för styren i avloppsreningsverk. PNEC står för *Predicted No Effect Concentration*. Installationer av ånghärdade produkter resulterade i högre halter av styren i vatten, där PNEC-värdet för styren i avloppsreningsverk överskreds vid ett antal tillfällen. Mätvärdena varierade även kraftigt mellan olika installationer.

Baserat på de mätningar som gjordes kan styrenhalten förväntas spädas ut till koncentrationer under ECHA:s rekommenderade PNEC-värde till dess att vattnet når reningsverket. Däremot är halterna av styren från ånghärdade flexibla foder så pass höga att de kan utgöra ett problem i samband med installationer i dagvattenledningar som slutar i naturen. I dessa fall är det rekommenderade PNEC-värdet betydligt striktare (40 µg/l).

Vid exponering av fabrikshärdade flexibla foder på labbet kunde urlakning av styren uppmätas även för det färdighärdade röret. Dock bedöms risken vara betydligt större i samband med installation, där till exempel frässpån på bara några minuter ger upphov till förhöjda halter styren (flera mg/liter).

Framför allt akrylater har kommit fram som ett alternativ till styren i flexibla foder. Produkterna är ett viktigt steg för att kunna fasa ut styrenbaserade produkter, vilket vissa kommuner har beslutat göra. De möjliggör fortsatt användning av flexibla foder som renoveringsmetod. Projektet har dokumenterat tre olika styrenfria produkters kemiska innehåll och installation. Installationsförfarandet är i stort sett detsamma som för styrenbaserade foder.

För att kunna omvandla data om flexibla foder till upphandlingskrav behöver fler mätningar göras. Utöver det behövs längre mätserier för att undersöka om styrenläckage pågår längre än 24 timmar.

---

# Summary

Styrene is one of the main components in CIPP but is also harmful in several ways. In this report the release of styrene into sewage water when installing CIPP is investigated. Sampling of the sewage water is done after installation to quantify the release of styrene. The report is also looking into CIPP liners that are free of styrene.

Cured-in-place-pipe (CIPP) is an efficient method for renovation of old sewers. Even though CIPP has been used for half a century, limited amount of public data exist on the styrene discharge in sewage water upon installation. Styrene is considered as *Priority risk-reduction substance* according to criteria of PRIO-guide and is listed on the SIN-list from ChemSec. An uncured CIPP consists of 15–50 % of styrene and there is thus a need for gathering of more information regarding styrene leakage upon installation of CIPP.

In the project 10 CIPP installations in the public sewage system were monitored by measuring the styrene concentration in the sewage water 10 min, 1 h and 24 hours after the installation was completed. From the measurements it could be observed that UV-cured liners had the lowest emissions of styrene to the sewage water, and all measurement points were below the by ECHA recommended PNEC-value for styrene in sewage treatment plants (STP, 5 mg/l). Steam cured CIPP resulted in higher concentrations of styrene in the sewage water, and in some cases the values exceeded the recommended PNEC-values for STP. There was a large variation in the observed values for the steam cured liners, while they were more consistent for UV-cured. Based on the measurements performed it can be expected that in most cases the styrene will be diluted and the concentration lower than recommended PNEC-value for STP once reaching the sewage treatment plants, of course depending where in the system it is done. On the other hand, the styrene emission from steam cured CIPP indicated that the installations may cause problems for pipes ending in nature, where the recommended PNEC-values are much lower (40 µg/l for intermittent release to freshwater).

Upon exposure in the lab of already cured liners it was observed that leakage of styrene may occur for post-installed CIPP. But a higher risk is seen connected to the installation and to the mill powder formed upon installation, where a few grams of powder in water can reach a concentration of several mg/l in only a few minutes. This happens even if the residual styrene in the pipe wall is well below the general accepted limit of 2 % of residual styrene. The steam cured liners had lower residual styrene in the pipe wall than UV-cured liners.

CIPP based on acrylates has evolved as an alternative to styrene-based liners and are now available on the Swedish market. In the project three different styrene-free liners were evaluated regarding chemical content and installation procedure. The procedure of installing the styrene-free liners was similar to the styrene based, but could differ to some extent regarding temperature/power and time needed for curing and cooling.

---

# 1 Inledning

Rapporten består av två huvuddelar: en som hanterar fältobservationer vid installation av konventionella flexibla foder med styren som lösningsmedel, och en som handlar om styrenfria alternativ på marknaden och erfarenheter vid installation av dessa.

## 1.1 Bakgrund

Flexibla foder har använts i drygt ett halvt sekel och är en väletablerad teknik för omläggning av avloppsledningar (Downey, 2010). På grund av ett ledningsnät som börjar bli ålderstiget finns det i Sverige ett väldigt stort behov av att göra renoveringar i befintliga ledningar. Det uppskattas att en ledningsförnyelse på 0,6 % av dagvatten- och spillvattennätet behövs årligen för att bibehålla ett väl fungerande ledningsnät (Malm, et al., 2011). I detta sammanhang utgör flexibla foder, som en av de schaktfria metoderna, en populär produkt då flera hundra meter ledningar kan installeras på bara en dag. Metoden är således synnerligen effektiv och en viktig teknik för ledningsförnyelse.

När den planerade sträckan för förnyelse dokumenterats och detaljmätts så tillverkas (för de flesta producenterna) det flexibla fodret i fabrik enligt uppmätta dimensioner och beställarens krav. Det flexibla fodret kommer sedan som en ohärdad produkt till installationsplatsen där det vrängs eller dras in i den befintliga ledningen. Väl på plats i ledningen, uppblåst (med luft- eller vattentryck) mot den ursprungliga ledningen, härddas fodret antingen med UV-ljus eller termiskt för att forma ett fast rör. Den slutgiltiga produkten skapas i ledningen.

Produktens storhet, att den är flexibel, rörlig och kan anpassas till sin omgivning innan härdning utgör dock en risk. Den mer eller mindre flytande härdplasten som utgör matrisen i produkten innehåller kemiska ämnen som kan utgöra hälso- och miljörisker och riskerar att läcka ut innan härdning samt efteråt om inte full uthärdning skett. Av det kemiska innehållet utgör styren en stor och viktig del (15–50 %) (Finnveden & von Stedingk, 2020) då det både fungerar som lösningsmedel i den ohärdade produkten och tvärbindare i den härdade produkten. Styren är dock ett ämne med ett flertal faroklassningar (Tabell 1.1), så som H361d *Misstänks kunna skada det ofödda barnet* och H412 *Skadliga långtidseffekter för vattenlevande organismer*.

Tyvärr finns det väldigt få publika studier som visar hur mycket styren som släpps ut i samband med installationer i avloppsledningar och huruvida de riskerar utgöra ett problem nedströms i reningsverken eller dagvattenreservoarer. I en studie från Trafikverket på installationer i samband med renoveringar av vägtrummor kunde utsläpp av styren till vattnet konstateras som initialt överskred ECHA:s (*European chemicals agency*) rekommenderade PNEC-nivåer (*Predicted No Effect Concentration*, se Tabell 1.2) för styren. Dessa minskade till acceptabla nivåer med tiden för UV-härdade foder, dock kunde det i samband med installation av ånghärdade foder uppmätas kraftigt förhöjda värden, både på kortare och längre tid. Vid en av installationerna överskreds PNEC-värdet för tillfälligt utsläpp i sötvatten även 12 veckor efter installation (von Stedingk & Birgersson, 2019).

Studien visar att det finns risker som behöver beaktas när det gäller styren. Ett styrenutsläpp i naturen, via trumma eller dagvattenledning, är dock allvarligare än i avlopps-nätet då vattenlevande organismer blir direkt påverkade. I frågan om avloppsledningar är toleransen större, vilket avspeglar sig i de PNEC-värden som ECHA har tagit fram för sötvatten (40 µg/liter vid tillfälligt utsläpp) respektive avloppsreningsverk (STP, 5 mg/liter) (ECHA, 2023). I brist på offentligt tillgängliga data ämnade projektet ta fram data på hur mycket styren som kan läcka ut i samband med installationer av flexibla foder i ledningsnätet.



---

### 1.1.1 Flexibla foder på marknaden

Inom gruppen flexibla foder finns det olika varianter. Den variant som används primärt i samband med termisk installation (ånga eller varmt vatten) är en så kallad filtstrumpa (kallas även homogent foder eller oarmerat foder). I filtstrumpan används en flexibel polyesterfilt som fungerar som bärarmaterial av den ohärdade härdplasten (styren utgör en del av härdplasten). Utöver härdplasten består fodret av bland annat termiska initiatörer, acceleratorer och fyllmedel. Filtfoder har en permanent innerfilm som sitter fast i polyesterfilten. Filtfoder vrängs in i värdröret genom antingen tryckluft eller vattentryck. Efter att fodret vrängts på plats mot värdröret så härdas fodret genom inpumpning av vattenånga eller uppvärmning av vatten. Efter att härdningen är klar och fodret har fått sin mekaniska styrka så kapas det upp i ändarna och serviser fräses upp.

En annan variant av flexibla foder är glasfiberförstärkta flexibla foder, som även kallas armerade foder och vävfoder. Glasfiberförstärkta foder har en betydligt högre mekanisk styrka än filtfoder tack vare den mekaniska styrkan hos glasfibern. Dessa foder härdas i stort sett bara med UV-ljus. Fodret består då av, förutom glasfiber och härdplast, även av fotoinitiatörer och accelerator, samt MgO som förtjockningsmedel för att göra den ohärdade härdplasten viskös. På glasfiberförstärkta foder sitter en tillfällig film på insidan som dras bort efter installation samt beroende på produkt även olika plastfilmer på utsidan. I vissa fall är innerfilmen tät mot styren. Glasfiberförstärkta foder kan antingen vinschas in och blåsas upp med tryckluft eller vrängas in med tryckluft. Vid härdning belyses de med UV-lampor (ibland LED) för att initiera och driva igenom härdning av härdplasten. Vilken hastighet som ljusståget dras med beror på vilken effekt lamporna har samt produktens egenskaper. Efter härdning kapas ändarna upp och serviser fräses.

### 1.1.2 Miljöpolicys

En annan aspekt av att klargöra riskerna med styrenutsläpp är att kommuner har antagit miljöpolicys där vissa kemikalier ska fasas ut ur all kommunal verksamhet inom ett antal år. Som exempel antog Stockholms stad en kemikalieplan i april 2020 om att hormonstörande ämnen som är med på SIN-listan ska fasas ut. Hormonstörande ämnen på SIN-listan räknas som utfasningsämnen enligt miljöpolicyn och bör fasas ut och inte användas alls av staden (Stockholm Stad, 2020).

Även Göteborg stad använder sig av SIN-listan för att begränsa hormonstörande ämnen, och även här jobbar man för utfasning av dem (Göteborg Stad, 2022)

SIN-listan (*Substitute It Now*) är en utvidgad lista över farliga ämnen som organisationen ChemSec har tagit fram, den utgör en utvidgad variant av ECHA:s SVHC-lista (*Substances of very high concern*), som enligt ChemSec är för begränsad på grund av hänsyn till industrin (ChemSec, 2023). Styren är med på SIN-listan.

## 1.2 Syfte

Projektet syftar till att:

- ge beställare av flexibla foder underlag om risken för styrenutsläpp i samband med installation
- belysa styrenfria flexibla foder som finns tillgängliga på marknaden och hur dessa står sig mot konventionella produkter.

## 1.3 Metodik

Ambitionen var att bara titta på infodringar med en dimension av 225 mm, 100–150 meter långa och som inte var en startsträcka, det för att säkerhetsställa tillräckligt med flöde. De dimensionerna exkluderar dock i princip all typ av härdning med varmvatten.

---

Tyvär varierade parametrarna för de studerade installationerna mer än vad som var målet av praktiska skäl.

Vattenprover togs i infodringens slutbrunn vid tre olika tillfällen: 10 min efter att vattnet släppts på, 60–70 min efter att vattnet släppts på samt 12–30 timmar efter att vattnet släppts på. Ett referensprov togs antingen i startbrunnen efter det att installationen genomförts eller i slutbrunnen innan installationen påbörjades. Vid vissa installationer togs även prover ett stycke nedströms slutbrunnen. Mätningarna på UV-härdade foder gjordes efter det att innerfolien tagits bort.

Proverna togs i 500 ml glasflaskor som efter att de fyllts täcktes med aluminiumfolie och paketerades i plastpåsar. Efter provtagning förvarades proverna i kylskåp fram till kemisk analys enligt metodiken beskriven i avsnitt 2.1 Metoder för analys av styrenhalt.

Fasta provbitar plockades ut från alla installationer där det var möjligt. Provbitarna togs från antingen mellanbrunnar eller slutbrunnar. Då användes en extra expansionsbegränsande konstruktion för att begränsa expansion på det installerade fodret. Provbitarna förvarades i aluminiumfolie och plastpåse i kylskåp fram till analys.

## 1.4 Avgränsningar

Provtagning med analyser har bara gjorts på ledningar i självfallsnätet. Prov har bara tagits på fasta bitar av det härdade röret samt den vätska som flödar i röret. Inga prover har tagits för att analysera styrenhalt på omkringliggande luft eller grundvatten som kommer i kontakt med fodret från utsidan.

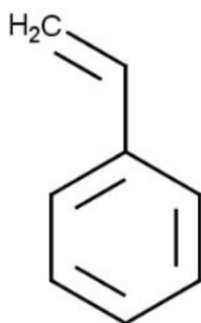
Då leverantörerna vill bibehålla sekretessen på innehållet i sina foder, både de konventionella med styren samt de styrenfria kommer inte innehållet att skrivas ut. Faroklassningar och bedömningar kommer dock att beskrivas.

## 1.5 Styren

Inom ramen för ett tidigare SVU-projekt (Finnveden & von Stedingk, 2020) fick Goodpoint i uppdrag att utvärdera kemiska risker och risk för spridning av potentiellt miljöstörande ämnen som förekommer i flexibla foder. Följande stycken (1.5–1.5.4) om styren är hämtade från rapporten *Utvärdering för kemiska risker och miljöförstörande ämnen i flexibla foder* (Finnveden & von Stedingk, 2020) och återpublicerade med Svenskt Vattens godkännande.

### 1.5.1 Egenskaper

Styren (Figur 1.1) är en färglös oljig vätska. Ämnet är flyktigt och har en karakteristisk lukt. Styren är den mest använda vinylmonomeren för omättade polyestrar (Fink, 2017).



**Figur 1.1**

Kemisk struktur för styren.

## 1.5.2 Klassificering

I Tabell 1.1 listas de 9 vanligaste egenklassificeringarna som har rapporterats in till klassificerings- och märkningsregistret av tillverkare, importörer eller nedströmsanvändare.

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 listat som hormonstörande på SIN-listan (ChemSec, 2023). Ämnet är dock inte upptaget som hormonstörande i ECHA:s ämnesdatabas, men är klassificerat som misstänkt reproduktionstoxiskt. I kemikalieinspektionens PRIO-verktyg visas att styren omfattas av kriterierna att utgöra ett "Riskminskningsämne".

Styren bedöms av ECHA som lätt nedbrytbart i vatten under aeroba förhållanden. Huvudsakligen sker koncentrationsminskning genom bionedbrytbarhet samt avdunstning till luften där det bryts ner av hydroxylradikaler och troposfäriskt ozon. En långsammare nedbrytning förväntas i grundvatten jämfört med ytvatten (ECHA, 2023). Vilken typ av vatten som styren befinner sig i påverkar koncentrationsminskningen, exempelvis för sjöar och dammar har halveringstiden uppskattats till 3–13 dagar (EPA, 1984) och i avloppsvatten visade ett experiment med styren (1 mg/l) en minskning på 20 % de första 3 dagarna (Fu & Alexander, 1992), och ett annat visar total nedbrytning av styren inom 28 dagar i aktivt avloppsvatten från hushåll (ECHA, 2023; Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2010).

## 1.5.3 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*) som ger information om när ett ämne inte förväntas ge någon toxisk effekt. I Tabell 1.2 listas de koncentrationer av styren under vilka negativa effekter för vattenlevande organismer inte förväntas uppstå. Vidare listas PNEC i jord.

Var?	PNEC
Avloppsreningsverk*	5 mg/l
Sötvatten*	28 µg/l
Intermittenta utsläpp (sötvatten)*	40 µg/l
Marint vatten	14 µg/l
Jord**	146–200 µg/kg jord i torr vikt

\* Faror för vattenlevande organismer, \*\* faror för markorganismer.

PNEC-värden utgör en bedömning från ECHA om när toxiska effekter i olika recipienter kan förväntas och är ingen lag, men gränserna kan användas som nivå på accepterat utsläpp i kravställen hos beställaren.

**Tabell 1.1**

Klassificeringar för styren (EG-nummer 202-851-5) enligt CLP kriterier (*Classification, Labelling and Packaging*) (ECHA European Chemicals Agency, 2022).

**Tabell 1.2**

PNEC för styren (ECHA European Chemicals Agency, 2022).

---

#### **1.5.4 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/m<sup>3</sup>. För styren finns också ett vägledande korttidsgränsvärde som är 20 ppm eller 86 mg/m<sup>3</sup> mätt under en referensperiod på 15 minuter. Det hygieniska gränsvärdet för styren är uppsatt utifrån att ämnet kan orsaka hörselskador. Det ska noteras att styren kan tas upp genom huden. Därför bedöms det föreskrivna gränsvärdet endast ge tillräckligt skydd under förutsättning att huden är skyddad mot exponering för ämnet.

---

## 2 Mätningar av styren i fält och labb

### 2.1 Metoder för analys av styrenhalt

#### 2.1.1 Förvattenprover

Vattenprover analyserades med headspace GC-MS (*Gas Chromatography Mass Spectrometry*). Internstandard (styren-d8) tillsattes till 10 ml prov i en headspace-vial som crimpades och hettades upp till 90 °C i 30 minuter före injektion på GC. Halten styren bestämdes med externa standardlösningar. Styren analyserade i halter mellan 20 och 400 µg/l (ppb) med internstandard.

För att kunna bestämma halter mellan 0,2 och 20 ppb provtogs vattenprover (250 ml) i en testuppställning där styren avdunstar från vattenlösningen och ansamlas på en absorbent (Tenax) för vidare analys med ATD GC-MS (*Automated Thermal Desorption GC-MS*). Testmetoden kallas vanligtvis purge-and-trap och uppställningen visas i Figur 2.1.

Både prov- och standardlösning användes för utvärdering av provernas hållbarhet i rumstemperatur respektive i kylskåp (+8 °C) genom att analysera styrenhalten över tid. Kyllda prover håller i mer än 7 dagar medan prover i rumstemperatur ger en signifikant lägre halt efter 3 dagar. Standardlösningar har en något längre hållbarhet jämfört med skarpa prover, eftersom det inte finns några andra föreningar som kan påverka nedbrytningen av styren.



**Figur 2.1**

Purge-and-trap.

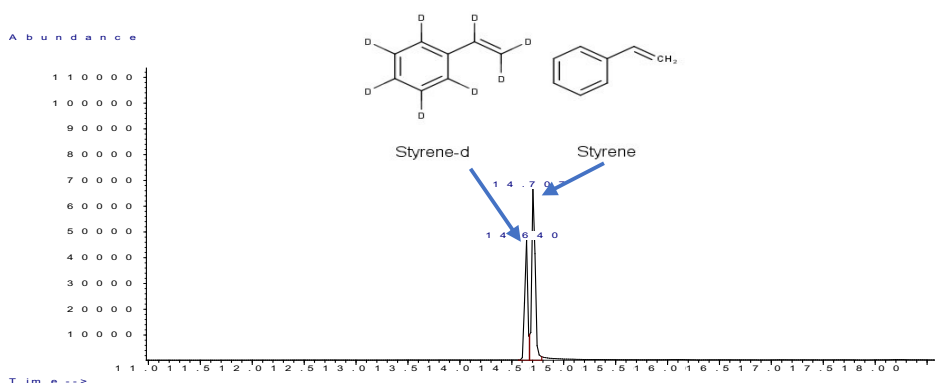
Beroende på metod så var mininivån för styrenhalt antingen 20 µg/liter eller 0,2 µg/liter. Eftersom båda metoderna används om varandra kommer alla värden som var uppmätt lägre än 20 µg/liter tillskrivas värdet 20 µg/liter. 20 µg/liter kommer således utgöra minsta möjliga värde för styrenhalten även om det i verkligheten var lägre, det för att kunna jämföra mätningar på ett rättvisare sätt.

#### 2.1.2 Fasta prover

Fasta foderprover analyserades enligt SS-ISO 4901:2011, där prover klipps till delar <0,5 mm och extraheras i diklormetan med butylbensen som intern standard.

Styren analyseras med GC-MS med vätskeinjektion där halten bestäms med extern standardlösning.

Både headspace GC-MS, ATD GC-MS och GC-MS med vätskeinjektion utfördes med en kolonn anpassad för att separera ett brett omfång av organiska föreningar (se Tabell 2.1 för detaljer). Metoden för headspace GC-MS är något annorlunda, med en stationär fas på 1 µm i stället för 0,25, transferline som hettas upp till 200 °C, och ett temperaturprogram som enbart går upp till 280 °C. Både styren och internstandarderna styren-d8 detekteras som massfragment (m/z) 104 respektive 112, GC-kromatogram illustreras i Figur 2.2.



**Figur 2.2**

Headspace GC-MS för styren och styren-d8 (internstandard).

GC Method			
Column	Agilent JW Scientific DB-5MS GC column (30 m x 0.250 mm, 0.25 µm film thickness)		
Carrier gas	Helium	Injection temperature	300 °C
Column flow	0.9 ml/min	Interface temperature	300 °C
Injection volume	1 µl		
Oven temperature program			
Rate (°C/min)	Temperature (°C)	Hold time (min)	
–	35	3	
8	130	0	
15	325	5	
MS method			
Ion source temperature	230 °C		
Ionization mode	Electron ionization		
Spectral range	29–800 amu		
Analyzer	Quadrupole		

**Tabell 2.1**

Instrumentparametrar som användes till GC-MS.

## 2.2 Mätningar i samband med installationer i fält

I projektet gjordes totalt provtagning vid tio tillfällen (Tabell 2.2). Av de tio provtillfällena gjordes fem provtagningar på UV-härdade foder, fyra provtagningar på ånghärdade och en provtagning på foder härdat med varmvatten.

Notifiering	#1 Falun	#2 Göteborg	#3 Göteborg	#4 Sigtuna	#5 Sigtuna	#6 Malmö	#7 Uppsala	#8 Uppsala	#9 Alingsås	#10 Göteborg
<b>Produkt</b>	Impreg Liner	Impreg Liner, GL16 UP Harz	Impreg Liner, GL16 UP Harz	Inpipe Liner	Inpipe Liner	PAA-SF-Liner	PAA-SF-Liner™	PAA-SF-Liner™	PAA-SF-Liner™	PAA-SF-Liner™
<b>Materialbärare</b>	Glasfiber	Glasfiber (55 %)	Glasfiber (55 %)	Glasfiber (43 %)	Glasfiber (43 %)	Filt	Filt	Filt	Filt	Filt
<b>Styreninnehåll enligt datablad (%)</b>	<25%	<25%	<25%	12–30	12–30	21–39	21–39	21–39	21–39	21–39
<b>Dimension värdrör (mm)</b>	375	225	225	300	300	1 400	225	225	225	150
<b>Tjocklek (mm)</b>	4,7	4,1	4,1	4,4	4,4	43,5	7	7	6	4,5
<b>Längd på installation (m)</b>	104,6	57	52	109,5	112	245	138,5	178	135	47 (106)
<b>Härdningsteknik</b>	UV-ljus	UV-ljus	UV-ljus	UV-ljus	UV-ljus	Vatten	Ånga	Ånga	Ånga	Ånga
<b>Antal serviser</b>		6	3	1	1	5	2	3	4	3 (4)
<b>Uppskattat flöde vid provtagning*</b>	0,5 liter/s	1–2 liter/minut	1–2 liter/minut	1 liter/s	1 liter/s	Finns ingen uppskattning, motsvarande 5 serviser, max 1 liter/s	Snarlikt dag 2, 0,2 liter/s	0,2 liter/s	Mycket lågt	Väldigt lågt flöde, bara serviser
<b>Tillverkarens accepterade halt reststyren (%)</b>	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2
<b>RISE-anställd på plats</b>	Nej	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej	Ja	Ja	Ja	Nej

\* Det uppskattade flödet är osäkert och baserat på visuell bedömning.

### Tabell 2.2

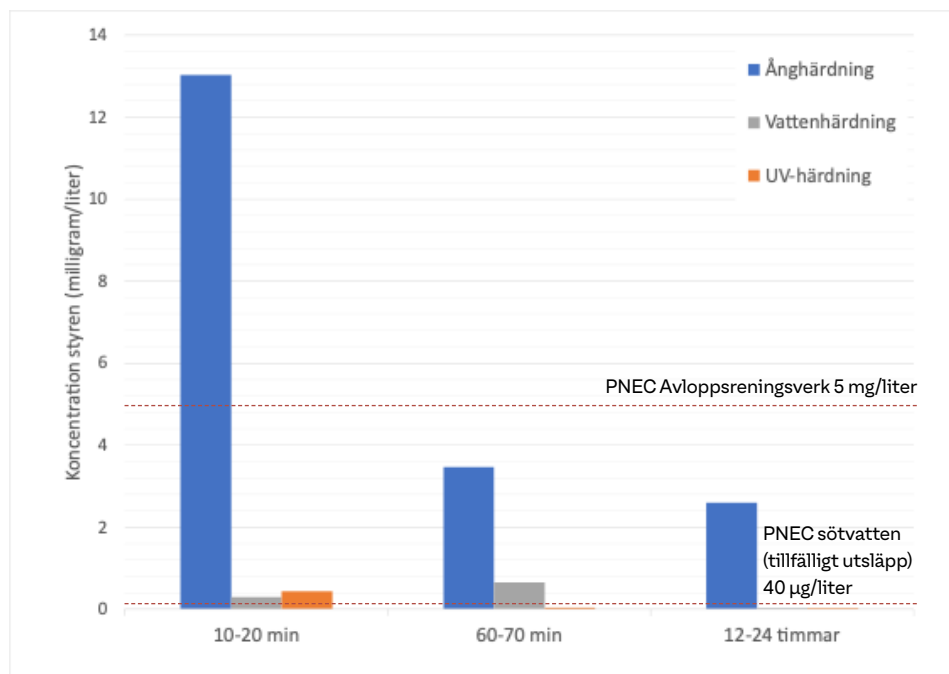
Parametrar för de flexibla foder som installerats och där prover har tagits för bestämning av styrenkoncentrationer.

## 2.3 Resultat av fältobservationer

### 2.3.1 Uppmätta halter styren i avloppsvatten

I Figur 2.3 ses ett stapeldiagram med medelvärdet av respektive metod för härdning. På x-axeln syns tidpunkten för provtagning efter att fodret öppnats upp och vattnet flödar igen. Provtagning gjordes med riktvärdena efter 10 min, 1 timme samt 24 timmar men varierade runt dessa tidpunkter på grund av praktiska skäl. I Tabell 2.3 ses även standardavvikelsen för respektive stapel. Från diagrammet syns det att de ånghärdade produkterna vid alla tillfällen uppvisar betydligt högre koncentrationer av styren än de två andra härdningsmetoderna. De röda linjerna utgörs av PNEC-värdet för avloppsreningsverk (5 mg/liter) samt för tillfälligt utsläpp i sötvatten (40 µg/liter). För både ång- och UV-härdning så sjunker, som förväntat, styrenvärdet med tiden. De höga värdena efter 10 min mer än halveras till efterföljande mätningar. För UV-härdning är alla mätpunkter under PNEC-värdet för avloppsreningsverk och även under gränsvärdet för sötvatten efter 1 timme.

Härdning med varmvatten ligger, precis om UV-härdning, under PNEC-värdet för avloppsreningsverk. Här har dock bara mätning på en installation genomförts.



**Figur 2.3**

Medelvärde av alla datapunkter för de olika installationsteknikerna. Den röda linjen utgör PNEC-värdet för avloppsreningsverk (STP) enligt ECHA.

Prov	Medelvärde styren (mg/liter)	Standardavvikelse (mg/liter)
Ånghärdade – 10–20 min	13,03	16,84
Ånghärdade – 60–70 min	3,47	4,83
Ånghärdade – 12–28 h	2,59	2,33
UV-härdade – 10–20 min	0,43	0,41
UV-härdade – 60–70 min	0,04	0,02
UV-härdade – 12–28 h	0,020	0

**Tabell 2.3**

Medelvärde samt standardavvikelse för de fem UV-härdade fodren samt fyra ånghärdade fodren

I Tabell 2.3 ses de medelvärden som plottats i Figur 2.3 samt standardavvikelsen. Som synes är standardavvikelsen väldigt stor på grund av stor spridning på mätvärden mellan de olika installationerna och få mätpunkter.

För transparensen skall finns alla installationers värden i Bilaga A.



### 2.3.1.1 UV-härdade foder

De UV-härdade fodren uppvisade styrenkoncentrationer som var mindre avvikande mellan de olika installationerna. Högst uppmätta värde var 1200 µg/liter (lika med 1,2 mg/liter), vilket togs 10 minuter efter öppning. För den installationen sjönk värdet sedan till 73 µg/liter efter 1 timme för att sedan fortsätta sjunka till icke mätbara nivåer för det använda analysmetoden (<20 µg/liter, se 2.1.1). Medelvärdet för första mätpunkten för alla UV-härdade installationer låg på 434 µg/liter, den andra mätpunkten, tagen efter en timme, låg på cirka 40 µg/liter och den slutgiltiga mätpunkten (24 h) var ej kvantifierbar, alltså under 20 µg/liter.

Generellt höll alla mätvärden som togs i samband med UV-installationer värden som var betydligt lägre än det satta PNEC-värdet för avloppsreningsverk och sjönk sedan till än lägre nivåer. Det gällde oavsett om det var stort eller litet flöde i ledningarna.

### 2.3.1.2 Termiskt härdade foder

De termiskt härdade fodren utgörs av ånghärdade och vattenhärdade foder. I projektet genomfördes mätningar på 4 ånghärdade och 1 varmvattenhärdat foder.

Som ses i Figur 2.3 och Tabell 2.3 är den uppmätta styrenhalten för ånghärdade foder betydligt högre än för de alternativa metoderna. Även om variationen är väldigt stor och varierar mellan 20 µg/liter (alla mätvärden för denna installation förefaller osäkra men kan inte uteslutas eftersom ingen felhantering kunnat identifieras) och 41 500 µg/liter (41,5 mg/liter) som uppmätt efter 10 minuter. I samband med det högsta värdet kan läckage av ohärdad hårdplast misstänkas då vattenprovet bestod av två faser (se Figur 2.4). Vid provtagningen efter 60 minuter hade dock detta värde sjunkit till 630 µg/liter för att till den tredje mätningen efter 25 timmar ha ökat till 3600 µg/liter. Enligt installatören ska det dock ha genomförts en till installation uppströms mellan prov två och tre, vilket skulle kunna vara en orsak till det relativt höga slutvärdet.



**Figur 2.4**

Vattenprov som skiktat sig i två faser.

Installationer av flexibla foder med varmt vatten görs inte lika frekvent eftersom det görs på större dimensioner och bara en installation dokumenterades i detta projekt. Styrenvärdena nedströms efter det att vattnet släppts på den undersökta sträckan var 290 µg/liter för att sedan efter 90 minuter öka till 650 µg/liter. Nästa mätning, efter 8 timmar, visade inga detekterbara nivåer av styren. På vattenhärdade foder mättes bara en installation och bara på vattnet som rann igenom efter att fodret öppnats, alltså inte processvattnet.

## Processvatten

I samband med termisk härdning behöver man även ta hänsyn till det processvatten som bildas. Processvattnet för ånga mättes vid tre tillfällen, dock kom en mätning inte upp i detektionsgränsen (20 µg/liter) vilket är anmärkningsvärt lågt. Medelvärdet och standardavvikelsen för alla mätningar av processvattnet kan ses i Tabell 2.4. På den sista raden är den mätning som gav 20 µg/liter för processvattnet exkluderad som en potentiell felaktig mätpunkt då resultatet anses orimligt lågt. Två prover togs i en nedströms brunn från kondensvattnet och ett prov togs i en IBC-tank. Provet från IBC-tanken uppmätte en lägre styrenhalt (3,2 mg/liter) än det som togs i brunn nedströms (12,2 mg/liter).

Prov	Antal prover	Medelvärde (mg/liter)	Standardavvikelse
Processvatten ånghärdning (alla)	3	5,140	5,158
Processvatten ånghärdning (en exkluderad)	2	7,700	4,500

**Tabell 2.4**

Medelvärde av processvatten i samband med ånghärdning.

Även för processvattnet är resultaten nyckfulla. I båda fallen som processvattnet uppmättes med förhöjda styrenvärden var halten i processvattnet vid samtliga mättillfällen högre än det som uppmättes för avloppsvattnet efter det att vattnet släppts på. Det är även troligt att processvattnets koncentration av styren förändras med processens gång, då mer styren finns tillgängligt i fodret i början av processen än i slutet när det mesta styrenet har reagerat. Provtagning i en IBC-tank ger ett medelvärde för installationen medan mätning i ett kontinuerligt flöde ger en momentan styrenkoncentration för det i stunden pågående processteget.

### 2.3.2 Reststyrenhalt

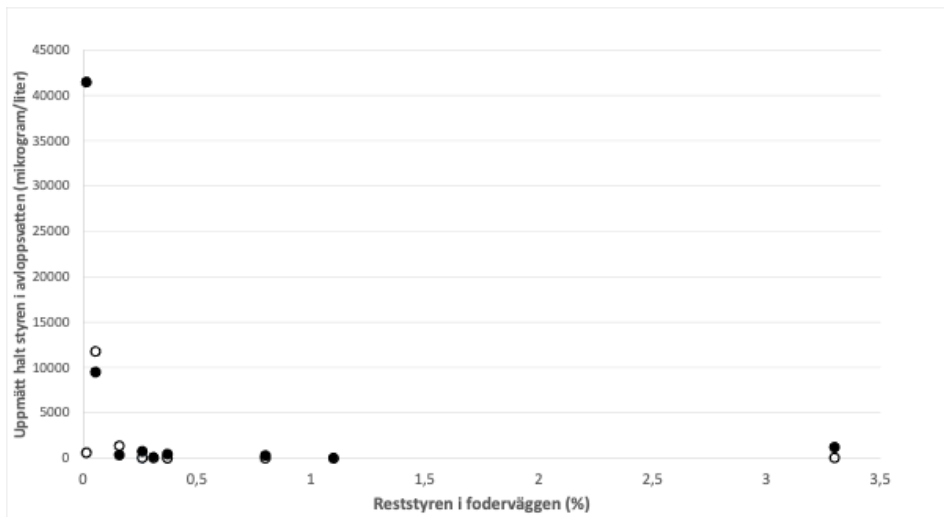
I Tabell 2.5 ses medelvärdet för UV-härdade samt ånghärdade foder. Som kan ses har de UV-härdade fodren i medeltal en högre reststyrenhalt än ånghärdade. Reststyrenhalten är kopplad till hur långt uthärdningen har gått. Ju mer tvärbinding som uppnåtts, desto lägre halt kvarvarande styren existerar i foderväggen. Procenten utgör halten kvarvarande styren av provets totala massa (inklusive glasfiber och fyllmedel).

Härdningsteknik	Reststyrenhalt (%)	Standardavvikelse
UV-härdning	1,18	1,1
Ånghärdning	0,12	0,095

**Tabell 2.5**

Medelvärdet samt standardavvikelse för reststyrenhalten för UV-härdat samt ånghärdade foder.

Reststyrenhalten i de UV-härdade fodren var i medeltal 1,18 % men varierade mellan 0,3 och 3,3 %. För ånghärdade varierade reststyrenhalten mellan 0,015 och 0,26 %.



**Figur 2.5**

Diagrammet visar reststyren i foderväggen (x-axeln) plottat mot uppmätt styrenhalt i avloppsvattnet (y-axeln). Fyllda svarta ringar är värdet efter 10 minuter och tomma ringar är uppmätta värdet efter 1 timme. Inget förhållande mellan reststyrenhalt i foderväggen och utsläpp till avloppsvattnet kan observeras.

Figur 2.5 visar uppmätt reststyren i foderväggen plottat mot uppmätt halt styren i avloppsvattnet efter 10 minuter (svart cirkel) samt 1 timme (tom ring). De högsta värdena i avloppsvattnet är kopplat till några mätpunkter som uppvisar de lägsta halterna reststyren i foderväggen. Läckage av styren är således inte kopplat till själva den fasta foderväggen utan snarare kopplat till händelser innan härdningen är fullt genomförd.

Kvarvarande mängd styren i foderväggen kan utgöra ett framtida miljöproblem om urlakning kan ske till omkringliggande jord och grundvatten. En beräkning av kvarvarande mängd styren som inte reagerat för två installationer med hög respektive låg reststyrenhalt kan ses i Tabell 2.6.

**Tabell 2.6**

Totala mängden styren som finns kvar i fodret efter härdning för ett UV-härdat och ett ånghärdad flexibelt foder.

Installation	Reststyrenhalt (%)	Längd (m)	Dimension (mm)	Tjocklek (mm)	Densitet (kg/m <sup>3</sup> )	Kvarvarande mängd styren i installationen (kg)
#1 - Falun	3,3	105	375	4,7	1 300*	24,5
#9 - Uppsala	0,055	178	225	7,0	1 250*	0,59

\* (Pallon, et al., 2021)

I fallet med en reststyrenhalt på 3,3 % är den kvarvarande mängden obunden styren i fodret 24,5 kg. Huruvida styrenet förblir kvar i det härdade fodret över tid har inte undersökts i fält.

### 2.3.3 Frässpån

Ett UV-härdat och ett ånghärdat foder maldes till pulver. 5 gram av respektive pulver lades i en liter vatten. Styrenhalten mättes sedan för de två blandningarna efter 10 samt 60 minuter. Resultaten ses i Tabell 2.7.

**Tabell 2.7**

Styrenhalt som en effekt av frässpån i vatten.

Prov	Reststyrenhalt (%)	10 min (mg/liter)	60 min (mg/liter)
Impreg Liner (UV)	0,37	4,50	5,80
PAA SF (ånga)	0,055	0,28	0,43

Som kan ses i Tabell 2.7 så höjer frässpån från UV-härdade foder i större utsträckning koncentrationen av styren än motsvarande ånghärdade foder. Här ska man såklart ha med sig att reststyrenhalten i respektive foder som maldes skiljer sig en faktor 10. Det är även i den storleksordningen som det skiljer sig mellan hur mycket som har lakats ut ur respektive system. Mätningen visar att frässpån på ett anmärkningsvärt (men inte förvånande) sätt kan bidra till att styren urlakas ur materialet och in i vattnet. Från

ett malt pulver är ytarean stor och större mängd styren kan därför effektivare urlakas. Halten reststyren i fodret spelar således stor roll för hur mycket styren som urlakas i samband med fräsning.



**Figur 2.6**

Frässpån som uppstår efter öppnande av serviser bidrar till förhöjda nivåer av styren i avloppsvattnet. Frässpån från en servisöppning syns tydligt i bilden. Foto: Kretslopp & Vatten

Utfräsning av en servis med en diameter av 10 cm ger frässpån motsvarande cirka 50 g. Med samma urlakningstakt och reststyrenhalt på 0,4 % (som ovan) skulle utfräsningen av servisen bidra med cirka 60 mg styren bara den första timmen. Om sambandet är linjärt skulle en servisfräsning av samma storlek i fodret med 3,3 % reststyren motsvara cirka 0,6 g första timmen. Hur frässpånen påverkar vattnet nedströms är inte undersökt.

### 2.3.4 Ackumulerad mängd utsläppt styren

Beräkning av den ackumulerade mängden av styren för första dygnet görs genom en linjär trendlinje baserad på datapunkterna som uppmätts samt en uppskattning av den totala volymen under det dygnet. Beräkningarna kräver förenklande antaganden, men eftersom installationerna skiljer sig så mycket åt i förutsättningar utgör mätdata snarare en storleksordning än exakta värden som kan förväntas. Skillnader avser exempelvis längd på installation, flöde, antal serviser som öppnats och när, uthärtningsgrad på fräst spån, tjocklek på foder samt installationens förfarande.

Nedanstående exempel utgör det värsta scenariot som observerats (#8 Uppsala). De förhöjda styrenkoncentrationerna var stadigt höga över de 18 timmar som gick mellan provtagningarna.

Exempel 1. Ånghärdat flexibelt foder. Uppskattat flöde var 2 dl/s (12 liter/min).

Prov	Styrenkoncentration (µg/liter)	Kommentar
10 min	9 500	
70 min	11 800	Tre serviser hade öppnats till denna mätpunkt vilket gav upphov till frässpån och trolig orsak till ett högre värde
1 080 min	5 900	Högsta uppmätta värdet dygnet efter

**Tabell 2.8**

Värdena för exempel 1.

---

Integrerad över tid med avseende på flöde blev den ackumulerade mängden styren 131 gram för det första dygnet. För ovanstående hade det varit bra med ytterligare en datapunkt längre fram (1 vecka) i tiden för att se totala utsläppen över tid. Det skedde dock fler installationer uppströms vilket hade försvårat tolkningen av observationen.

För installation som gav en koncentration på 41,5 mg/liter efter 10 minuter så efterföljdes den av ett värde en timme senare på 0,630 mg/liter. Det totala utsläppet för denna installation, baserat på de två första datapunkterna, är 0,51 gram. Denna beräkning gör antagandet att skärningspunkten med  $Y=0$  för den linjära regressionen sker redan efter 71 min. Således leder utsläppen, enligt detta antagande, till att utsläppen är initialt höga men sker under en kort tid. Betydligt högre hade den ackumulerade mängden varit om punkten 24 timmar tagits med ( $>100$  g), men eftersom det då har tillkommit fler installationer uppströms blir det osäkert. Men även här hade det behövts en mätpunkt 1 vecka senare för att säkerhetsställa att utsläppen bara var tillfälliga.

### **2.3.5 Utspädningseffekter avloppsledningar**

De styrenmätningar som har genomförts är gjorda i slutbrunnen av installationen och dessa har i regel varit långt upp i ledningsnätet. Det utsläpp av styren som sker i samband med installationen kommer således att spädas ut på sin väg till reningsverket. Hur mycket styren späds ut beror såklart på vilket ledningsnät som installationerna genomförs i.

För att späda ut 131 gram till att understiga PNEC-värdet för avloppsreningsverk (5 mg/liter eller 5 000 µg/liter) behövs en vattenmängd på 27 m<sup>3</sup>. Eller kontinuerligt räknat, på samma exempel, behövs lite mer än en dubblering av flödet för att komma under de rekommenderade PNEC-nivåerna för avloppsreningsverk.

För installation #10 Göteborg med väldigt höga initiala halter (41 500 µg/liter) behövs spädning drygt 10 gånger för att komma under PNEC-värdet. Det är i de flesta fall troligt att en sådan spädning kommer att ske innan vattnet når reningsverket. Dock är styren som avdunstar från vatten detekterbart för luktsinnet vid väldigt låga koncentrationer, 016 ppm (World Health Organization, 1987) och det är inte osannolikt att det kan observeras vid reningsverket trots att värdet är under PNEC. Hur styren påverkar och märks i reningsverken har inte undersökts, utan de PNEC-värden som ECHA deklarerar är de som används som nivå att förhålla sig till i projektet.

### **2.3.6 Utspädningseffekter dagvattenledningar till natur**

Görs installationer i en dagvattenledning som slutar i naturen är situationen en helt annan än för avloppsreningsverk. I dessa fall är PNEC-värdet endast 40 µg/liter för ett tillfälligt utsläpp i sötvatten, det vill säga drygt en faktor 100 lägre än för avloppsvatten, och 28 µg/liter för sötvatten.

Med motsvarande siffror som ovan (131 gram) behövs över 3 000 m<sup>3</sup> för att komma under PNEC-värdet för tillfälligt utsläpp till sötvatten. Eller för att kontinuerligt hamna under PNEC-värdet behövs flödet öka drygt 200 gånger, baserat på de mätdata som kommit fram för avloppsledningar.

Situationen kompliceras dock av att installationer av dagvattenledningar ofta görs när det är torrväder och att första sköljningen blir i samband med nederbörd. Det gör det svårt att uppskatta utsläpp och utspädningseffekter för dagvatteninstallationer. Men eftersom riskerna är större och kraven högre bör installationsmetoder och produkter som ger utsläpp som är lägre än PNEC-värdet för tillfälliga utsläpp i sötvatten (40 µg/l) krävställas för dagvattenledningar som leder ut i naturliga sötvattenreservoarer (om marint vatten så bör PNEC-nivå för marint vatten användas). Detta bör även följas upp med en kontroll i efterhand av styrenhalter i vattnet som runnit genom ledningen för att säkerhetsställa att nivåerna följs.

### 2.3.7 Aspekter att ta hänsyn till från installationerna

Resultaten av mätningar har – som synes – varierat i projektet och orsakerna kan vara flera. Dels är varje installation unik och ett hantverk som görs på plats. Utöver det varierar längden, antal serviser, serviser som har behövts öppnas vid provtagning och så vidare. I vissa fall utgjorde öppnande av servis det första flödet genom ledningen. Då mättes dock inte hela ledningen utan bara sträckan mellan öppnad servis och slutbrunn. I Tabell 2.9 kommenteras de olika installationerna.

**Tabell 2.9**

De tio olika installationerna och aspekter att ta i beaktning.

Installation	Kommentar
#1	En trasig UV-lampa.
#2	Kort installation (ca 50 m), väldigt lågt flöde med enbart flöde från serviser.
#3	Kort installation (ca 50 m), väldigt lågt flöde med enbart flöde från serviser.
#4	Högt flöde i rör, styrentät barriärfilm som togs bort efter härdning.
#5	Högt flöde i rör, styrentät barriärfilm som togs bort efter härdning.
#6	Inga mätpunkter för processvatten, lång sträcka och stor dimension. Inget fast prov från foderväggen.
#7	Alla värden var 20 ppm, även processvattnet, vilket väcker frågan om att något gått fel.
#8	Höga halter frässpån i samband med provtagning.
#9	Lågt flöde. Processprov från IBC-tank.
#10	Läckage av ohärdat harts gav väldigt höga initiala värden. I samband med provtagning efter 24 timmar så hade ytterligare en sträcka installerats och öppnats vilket troligen ökade koncentrationen på provsträckan.

## 2.4 Exponering av flexibla foder i labb

Fyra flexibla foder som härdats i kontrollerad miljö exponerades i statiskt vatten i en månad (31 dagar) i rumstemperatur. Efter det analyserades vattnet på styren för att kvantifiera urlakningen av styren från respektive flexibelt foder. Även reststyrenhalten i respektive foder analyserades.

### 2.4.1 Material

De flexibla foder som användes för exponering i labbet visas i Tabell 2.10.

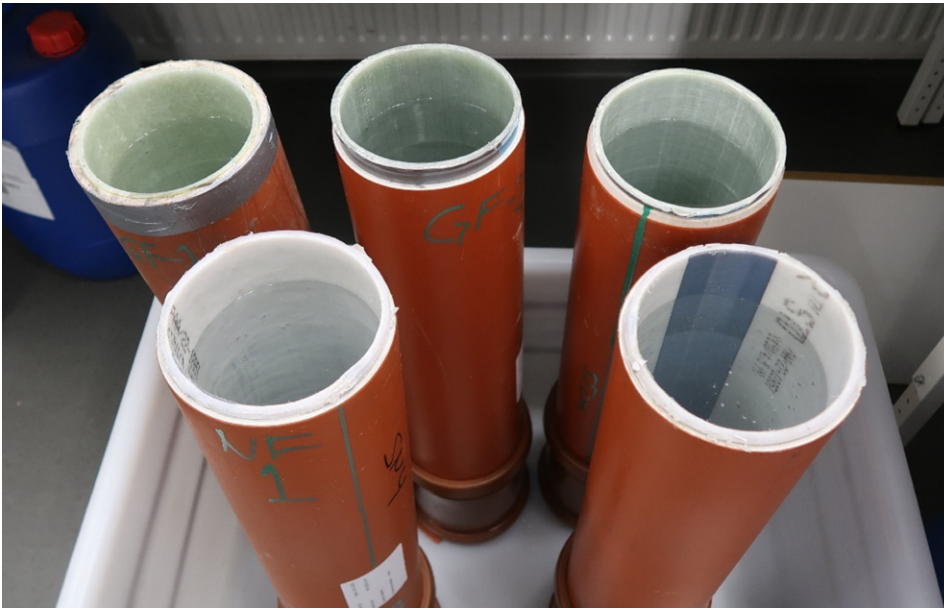
Prov	Härdningmetod	Tjocklek (mm)	Innerdiameter (mm)
Filt-1	Ånga	5,6	139
Filt-2	Ånga	5,9	140
GF-1	UV-ljus	5,2	140
GF-2	UV-ljus	5,1	135

**Tabell 2.10**

Flexibla foder som användes i labbexponering var två filtoder och två glasfiberarmerade (GF) foder.

Härdningen gjordes för alla fallen i ett PP-rör med ytterdiameter av 160 mm och genomfördes vid alla tillfällen i entreprenörens lokal och inte i fält. PP-röret användes som värdrör för att möjliggöra samma dimension för alla rör samt ändförslutning med en kombinerad PP-muff och PP-ändlock (Figur 2.7). Härdningen av de flexibla fodren gjordes 2–8 veckor innan exponering startade, där GF-2 härdades kortast tid inför exponering.

Innan exponering kapades alla rören till en längd av 55 cm. Den nykapade sågytan vändes neråt och på den delen monterades PP-muff med ändlocket. Det innebar att även tvärsnittet blev exponerat. Respektive rör ställdes sedan vertikalt och fylldes med avjonat vatten till 5 cm återstod. Rören förvarades i rumstemperatur i 31 dagar med förslutning på ovansidan med aluminiumfolie och tejp. Efter 31 dagar togs vattenprover för respektive prov samt en bit av foderväggen för analys av styrenhalt.



**Figur 2.7**

Exponering av flexibla foder på labbet i 31 dagar i statiskt vatten före mätning av urlakad styren. Rörens topp täcktes med aluminiumfolie.

### 2.4.2 Resultat av labbexponering

Resultaten av exponeringen kan ses i Tabell 2.11. Båda de ånghärdade fodren uppvisar låga koncentrationer av styren i vattnet. För Filt-1 är den 68,4 µg/liter och för Filt-2 är den <20 µg/liter, detektionsgränsen för den använda metoden. Urlakningen av styren från dessa foder är således väldigt begränsad. Den totala mängden som lakats ut under en månads tid, förutsatt att ingen nedbrytning av styren skett, 0,66 mg respektive <0,19 mg. Även GF-1 uppvisar väldigt låga halter styren i urlakningsvattnet, 0,62 mg/liter. Däremot uppvisar GF-2 väldigt mycket högre halter styren, 14 320 µg/liter (14,320 mg/liter), vilket resulterar i urlakad mängd styren på 131 mg till vattnet.

Reststyrenhalt som uppmättes i den fasta foderväggen ses i Tabell 2.11.

Prov	Koncentration styren (µg/l)	Reststyrenhalt (%)	Urlakad mängd styren* (mg)
Filt-1	68,4	0,0001	0,66
Filt-2	<20	0,0001	0,19
GF-1	64,4	0,0108	0,62
GF-2	14 320	0,0172	131,08

\*baserad på koncentration styren vid analys efter 31 dagar och tar således inte hänsyn till nedbruten styren

**Tabell 2.11**

Resultat från exponeringen på labbet av flexibla foder med stillastående vatten.

### 2.4.3 Diskussion om labbexponering

Resultaten visar att det finns en risk för framtida läckage av styren, även efter installationsförfarandet. Däremot är det svårt att koppla det till reststyrenhalten då den var väldigt låg för alla foder. Värdena varierar mellan en faktor 10–100 lägre än de lägsta halterna som uppmätts i foderväggen på installationer som gjorts i fält. Huruvida fodren faktiskt hade så pass låg reststyrenhalt är oklart, eller om det har att göra med exponering i rumstemperatur, kapning av provbit från fodervägg eller att annan hantering av provbiten lett till avdunstning av styren.

En påverkan är också att installationsförfarandena för de exponerade fodren inte nödvändigtvis är representativa för en installation i fält. Med tanke på att GF-1 och GF-2 uppvisar nästan samma halt reststyren är det märkligt att urlakningen till vattnet är så olika. Att luta sig mot reststyrenhalten och således uthärtningsgrad blir därför vanskligt i detta fall.

---

Räknas värdet för GF-2 om till urlakad mängd (gram) styren per dag och längdenhet (meter) får man fram att en motsvarande 100 m lång installation släpper cirka 0,856 g styren per dag, eller 26 g på en månad. Beräkningarna tar inte hänsyn till att styren bryts ner, förutsätter en konstant urlakningshastighet samt att fodret är helt fyllt med vatten. Om man använder samma flöde som värsta-scenariot i 2.3.4 (12 liter/min) fås en koncentration på utsläppet som är cirka 50 µg/l, det vill säga strax över PNEC-värdet för tillfälligt utsläpp i sötvatten (40 µg/l). Det visar att även efter installationsprocessen kan en urlakning ske om inte härdningen har gått tillräckligt långt, men att koncentrationen är betydligt lägre än de som uppkommer i samband med själva installationen (se Tabell 2.3).

Även om GF-2 uppvisar höga halter av styren ska det tas i beaktning att det är vid urlakning under en månads tid. Jämfört med frässpån (0,37 % reststyren) tog det bara 1 timme för 5 g pulver att nå en koncentration av 5,8 mg/l styren i vattnet, vilket visar hur viktigt det är att ta hand om frässpån i samband med installationen, framför allt i dagvattenledningar.

Det finns anledning att ställa krav på att härdningen drivs tillräckligt långt. Vanligt är att använda 2 % som kravgräns för reststyren, huruvida det är tillräckligt bör utvärderas. Framför allt i samband med installationer i dagvattenledningar blir uthärdningsgrad kritisk då det finns risk för kontinuerligt förhöjda halter i nedströms vattenreservoarer om det är bristfällig uthärdning.

Att Filt-1, Filt-2 och GF-1 inte släppte nämnvärda halter styren var inte så förvånande då de inte ens luktade styren inför exponeringen. Till skillnad från de andra fodren så luktade GF-2 styren i samband med hantering innan exponeringen, vilket gör resultaten från reststyrenmätningen svårbedömda.

## 2.5 Diskussion om uppmätta styrenvärden i fält

Från de uppmätta styrenkoncentrationerna blir det tydligt att installationen som gjorts med ånghärdning har ett större problem med läckage av styren. Det kan ha flera orsaker. Möjliga aspekter som kan påverka läckaget av styren är:

- Polyestern till filtfoder är mindre visköst innan härdning, det gör att ohärdat harts lättare flyter ut vid en eventuell reva. Glasfiberarmerade foder använder kemiskt förtjockningsmedel (MgO) vilket gör produkten mer trögflytande (högre viskositet). Läckage av ohärdad härdplast är troligen orsaken till det högsta mätvärdet (41,5 mg/liter).
- Vissa produkter med glasfiber använder sig av styrentäta barriärer (diffusionsbarriär) av multilagerfilmer som består av polyeten/polyamid/polyeten. Dessa har väldigt låg genomsläpplighet av styren vilket minskar mängden styren som avgår från produkten innan och i samband med härdning. Efter härdning tas den styrentäta filmen bort, men då har den huvudsakliga delen av styren bundits in i materialet och utgör då inte ett problem. Styrentät barriär är också väldigt positivt ur arbetsmiljöaspekter då det kraftigt begränsar doften av styren i luften i samband med hantering av det ohärdade fodret.
- Styren är ett organiskt lösningsmedel och varmt vatten har en bra löslighet av organiska lösningsmedel vilket gör att ånga kan "dra" ut styren från den ohärdade produkten. En diffusionstät barriär, likt för glasfiberfoder, hade kunnat bidra till att minska urlakningen av styren i samband med installation, vilket är något som Aarsleff jobbar på med sina filtstrumpor. Att ångan drar ut styren bekräftas av koncentrationerna som uppmättes för processvatten.
- Glasfiberfoder är ofta tunnare samt innehåller drygt 50 % glasfiber vilket minskar den totala mängden styren. Filtfoder innehåller cirka 20–25 % förtjockningsmedel (bidrar till mekanisk styrka efter härdning) vilket bidrar till att minska mängden härdplast/styren.



- 
- Halten styren som finns i fodret skiljer mellan olika produkter. Ofta skrivs en styrenkoncentration som ett spann. Vad den exakta styrenkoncentrationen är för produkten står ej, men ett högre värde ökar risken för större läckage. Halten styren påverkar bland annat uthärdning, viskositet, blandbarhet och mekaniska egenskaper hos det härdade fodret.

## 2.6 Slutsatser om uppmätta styrenvärden

Den uppmätta koncentrationen styren sjunker med tiden efter installationen. Högst värden uppmättes direkt, eller inom en timme, efter det att installationen avslutats.

Lägst uppmätta värden fås på installationer som har gjorts med UV-härdning. I samtliga fall hamnar den uppmätta styrenkoncentrationen vid mätpunkten långt under det rekommenderade PNEC-värdet för avloppsreningsverk. Och efter en timme hamnar värdena även under PNEC-värden för tillfälligt utsläpp till sötvatten (40 µg/l).

Även det vattenhärdade fodret hamnar under PNEC-värdeten för avloppsreningsverk vid alla mätningar. Mätpunkten som är tagen dagen efter visar även en styrenkoncentration som är lägre än PNEC-värdet för tillfälligt utsläpp i sötvatten. Det saknas mätpunkt för processvattnet vilket är viktigt, eftersom det ofta släpps ut i systemet. Här bör mer data tas fram för att säkerhetsställa säkert utsläpp av processvattnet och alternativa sätt att hantera det.

Ånghärdning på de produkter som använts uppvisar högst utsläpp av styren och överskrider vid ett antal mätpunkter det rekommenderade PNEC-värdet för avloppsreningsverk. De observerade koncentrationerna varierar väldigt mycket mellan olika tidpunkter och installationer. Även om koncentration av styren för ånghärdade foder överskrider PNEC-värden för avloppsreningsverk vid installationspunkten är det troligt att utspädningseffekter ger värden som är lägre än PNEC i reningsverken. Dock beroende på var i ledningsnätet installationen görs och hur mycket utspädning som kan förväntas.

Däremot utgör de förhöjda värdena för ånghärdade flexibla foder ett problem vid installationer i dagvattenledningar som slutar i naturen. De höga värden som uppmättes för de använda produkterna visar att det kan uppstå problem nedströms vid denna typ av installation. Som beställare bör man ställa krav om att PNEC-värde (tillfälligt sötvatten eller marint beroende på slut av dagvattenledning) inte får överskridas och att produkt, installationsförfarande och arbetsmetodik säkerhetsställer detta. En kontroll av vattnet som gått i ledningen bör även göras efter installationen för att säkerhetsställa styrennivåerna. Dessa krav kan leda till att visa tekniker och produkter med mindre styrenutsläpp är mer lämpade för dagvatteninstallationer.

Av uppmätta data, som varierar mycket, framstår det som att det för de ånghärdade fodren behöver hittas metoder/arbetsrutiner för att säkerhetsställa att alla installationer ger ett minimum av styrenläckage, utan att den typen av variationer som kunnat observeras i studien sker. Att ånghärdade foder uppvisar ett större läckage av styren i samband med installation är i linje med resultaten från mätningarna gjorda av Trafikverket (von Stedingk & Birgersson, 2019).

Reststyrenhalten som uppmättes i foderväggen är högre för UV-härdade foder än ånghärdade foder. Det betyder att ånghärdningen lyckas driva tvärbindingen (härdning) av härdplasten till högre uthärdningsgrad, vilket leder till en lägre halt av fri styren i foderväggen. Inget samband mellan reststyrenhalt i foderväggen och förhöjda styrenhalter i avloppsvattnet kunde observeras. En låg reststyrenhalt är positiv då det minskar risken för urlakning av styren in till avloppsvattnet, dagvatten eller ut till omgivande grundvatten över tid. Det är också av stor vikt att nå en låg reststyrenhalt för att undvika läckage av styren på grund av frässpån. Som beräkningen i Tabell 2.7 visar så gör uthärdningsgraden en avgörande skillnad för hur stor risken är för framtida läckage av styren.

---

Från labbexponeringen framgår det att även efter installationen kan det härdade flexibla fodret läcka styren. Även om urlakningen går relativt långsamt så indikerar exponeringen att ett foder kan läcka styren även en längre period efter att installationsprocessen är avklarad, något som även noterades av von Stedingk och Birgersson (von Stedingk & Birgersson, 2019).

Att produkten har styrentät barriärfilm (PE/PA/PE) ger betydligt bättre arbetsmiljö med minskad doft av styren innan och i samband med härdning.

Frässpån leder till förhöjda halter av styren i vatten, och fräsning av serviser är troligen en av orsakerna till att styrenkoncentrationen varierar i samband med mätning. Frässpån bör inte släppas ut i ledningsnätet eller dagvattnet då det snabbt läcker ut styren i nivåer som är över PNEC för avloppsreningsverk.

## 3 Styrenfria flexibla foder

Styren är ett ämne som under lång tid varit dominerande som lösningsmedel och tvärbindare i hartser för flexibla foder. Anledningen till det är att det billigt, har lämplig reaktivitet och bidrar till bra beständighet i hårdplasten. Men eftersom styren är listat som hormonstörande på SIN-listan (ChemSec), klassificerat som misstänkt reproduktionstoxiskt (ECHA) och att det även är listat som "rimligen förväntat cancerogent för människor" (reasonably anticipated to be human carcinogenic) av US National Toxicology Program år 2014, så behöver användare vara försiktiga och medvetna om riskerna vid hantering av styren (National Research Council, 2014). I kemikalieinspektionens PRIO verktyg visas att styren omfattas av kriterierna att utgöra ett "Prioriterat Riskminskningsämne" (Kemikalieinspektionen, 2023).

I ett antal kommuner finns miljöpolicys om att fasa ut farliga kemikalier. Som en del i detta undersöks alternativa styrenfria flexibla foder. I den här delen av rapporten undersöks tre olika styrenfria foder med avseende på bland annat kemiskt innehåll och installationsförfarande. Själva installationerna beskrivs i Bilaga B. Ingen livscykelanalys har gjorts av produkterna och vilken effekt som det kemiska skiftet får på utsläpp av koldioxidekvivalenter. I rapporten prioriteras den kemiska substitutionen av styren, inte den totala miljöbedömningen.

Alla dimensioner (olika diametrar) finns ännu inte tillgängliga som styrenfritt och det är därför inte alltid möjligt att göra substitutionen.

Avsnitt 3.1 är hämtat från rapporten *Utvärdering för kemiska risker och miljöförstörande ämnen i flexibla foder* och återpubliceras med Svenskt Vattens godkännande.

### 3.1 Akrylat och 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.

#### 3.1.1 Egenskaper

Akrylater och metakrylater anses vara potenta sensibiliserande ämnen (Lin, 2018). 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 tetrametylen dimetakrylat.

##### 3.1.1.1 Klassificering av tetrametylen dimetakrylat

I Tabell 3.1 listas de fyra vanligaste egenklassificeringarna för tetrametylen dimetakrylat som har rapporterats in till klassificerings- och märkningsregistret av tillverkare, importörer eller nedströmsanvändare.

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

**Tabell 3.1**

Klassificeringar för tetrametylen dimetakrylat (EG-nummer 218-218-1). (ECHA, 2023)

### 3.1.1.2 PNEC-värden

I Tabell 3.2 listas de koncentrationer av tetrametylen dimetakrylat under vilka negativa effekter för vattenlevande organismer och markorganismer inte förväntas uppstå.

Var	PNEC
Avloppsreningsverk*	20 mg/l
Sötvatten*	43,5 µg/l
Intermittenta utsläpp (sötvatten)Ä	97,9 µg/l
Jord**	573 µg/kg jord, torr vikt

\* Faror för vattenlevande organismer, \* faror för markorganismer.

**Tabell 3.2**

PNEC för tetrametylen dimetakrylat (ECHA, 2023).

### 3.1.1.3 Arbetsmiljö

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

## 3.2 Akrylatbaserade flexibla foder

Nedan följer tre varianter av flexibla foder som är styrenfria:

### Flexibla foder baserade på vinytoluen

- Vinytoluen är en molekyl som är snarlik styren i struktur och kan förväntas ha liknande toxikologiska effekter. Den är flyktig men inte lika flyktig som styren. Inte lika mycket faroklassad som styren men inte heller lika utredd som styren (Finnveden & von Stedingk, 2020). Tack vare att den är så pass lik styren i struktur så kan den lätt ersätta styren och är snarlik i de slutgiltiga egenskaperna men något dyrare. Hos ECHA har vinytoluen rapporterats som *H411 Giftigt för vattenlevande organismer med långtidseffekter*, vilket är mer toxiskt än vad styren bedöms vara. Vinytoluen är en tveksam substitution för styren ur miljö- och hälsoperspektiv (Finnveden & von Stedingk, 2020).

### Flexibla foder baserade på vinylester och med akrylater som lösningsmedel

- Istället för omättad polyester används vinylester, en mer kemiskt beständig och dyrare polymer att använda. Traditionellt används vinylester i samband med installationer i industrimiljöer. En anledning till att vinylester används är troligen för att motsvarande harts används i produkter för dricksvatten och har godkännande för kontakt med livsmedel. Utvecklingssteget och produktportföljen blir då smalare för tillverkande företag. En annan fördel att använda vinylester i stället för omättad polyester är att känsligheten mot vatten minskar. Generellt är mjukgörning av hårdplast på grund av vatten en utmaning när akrylater används istället för styren. Det är även enklare att få blandbarhet (miscibility) mellan vinylester och akrylater än för omättad polyester och akrylater. Spårbara nivåer (ppm) av bisfenol kan existera i hartset då bisfenol finns i den epoxy som utgör försteget vid tillverkning av vinylester. De kvarvarande bisfenolerna fungerar dock som inhibitorer till hårdprocessen och bör därför reagera först vid härdning och därmed bindas in i den slutgiltiga hårdplasten (Laarschot, 2022).

### Styrenfria flexibla foder baserade på omättad polyester

- Denna kategori används för att säkerhetsställa en 100 % bisfenol A-fri hårdplast. Här är den omättade polyestern modifierad till att vara blandbar med de kemikalier som utgör lösningsmedel och tvärbindare. Vad som utgör lösningsmedel och tvärbindare deklarerar inte i produktbladen.

### 3.2.1 Kemiskt innehåll i studerade produkter

Den kemiska risken för de tre produkterna som beskrivs i Bilaga B utgörs framför allt av den ohärdade hartsen. Även om hartsen i styrenfria flexibla foder är ett stort steg framåt när det gäller miljö- och hälsoaspekter så finns det för två av tre undersökta styrenfria produkterna fortfarande faroklassningar som behöver tas hänsyn till. För det tredje styrenfria flexibla fodret finns inga faroklassningar för produkten (kemiska blandningen).

Det kemiska innehållet (namn och CAS-nummer) i produkterna skrivs inte ut då det utgör företagshemligheter. Kemiska risker och klassningar presenteras övergripande. En beställare har dock rätt att få veta innehållet vid beställning om produkten har en faroklassificering. För den produkt som inte har några faroklassificeringar har både en Byggvarubedömning och BASTA-registrering gjorts för att möjliggöra tredjepartsbedömning av bland annat det kemiska innehållet. Ingen av de ingående komponenterna i de undersökta styrenfria flexibla fodren finns med på ChemSec:s SIN-lista för ämnen som bör undvikas och fasas ut.

Alla de undersökta flexibla fodren består av en polymerkedja i form av omättad polyester eller vinylester, lösningsmedel och tvärbindare i form av derivat av akrylater/metakrylater med någon diol (deklarerade om faroklassning) samt någon typ av initiator som är antingen termiskt instabila peroxider eller en fotoinitiator. Initiatoren existerar ofta i låga koncentrationer (0,01 - 1 %) beroende på typ och produkt. Akrylat/metylakrylat-komponenterna utgör reaktiva monomerer som binder ihop polymerkedjorna till ett fast och uthärdat 3D-nätverk. Faroklassningarna som existerar för de deklarerade akrylaterna/metakrylaterna (koncentration 10-50 %) kan ses i Tabell 3.3.

Klassificering	Faroangivelse
H315, kategori 2 (Skin Irrit 2)	Irriterar huden.
H317, kategori 1 (Skin Sens 1)	Kan orsaka allergisk hudreaktion.
H318, kategori 1 (Eye Dam 1)	Orsakar allvarliga ögonskador
H319, kategori 2 (Eye Irrit 2)	Orsakar allvarlig ögonirritation.
H335, kategori 3 (Stot SE 3)	Kan orsaka irritation i luftvägarna.
H411, kategori: Kronisk 2 (Aquatic Chronic 2)	Giftigt för vattenlevande organismer med långtidseffekter.
H412	Skadliga långtidseffekter för vattenlevande organismer.

**Tabell 3.3**

Sammanslagning av alla klassificeringar som existerar för använda akrylater i de tre installerade produkterna.

Klassificering H317, kategori 1, innebär att ämnena är sensibla, det vill säga att de kan ge upphov till allergi och överkänslighet. Ämnen med klassificering som H317, kategori 1, omfattas av kriterier som *prioriterade riskminskningsämnen* utifrån Kemikalieinspektionens PRIO-kriterier, medan ämnen med klassificering H317, kategori 1A, betraktas som *utfasningsämnen*. Eftersom akrylaterna finns i stor koncentration innebär det att produkterna (kemiska blandningen) med dessa komponenter får piktogram för Skadlig och Frätande (H318) och bör hanteras därefter.

PNEC-värdet för den mest toxiska akrylaten ligger på 10 mg/liter för avloppsreningsverk, 0,046 mg/liter för tillfälligt utsläpp (intermittent) men endast 0,005 mg/liter för sötvatten. Fler akrylater/metakrylater har rekommenderade PNEC-värden och det är således viktigt även för akrylatbaserade produkter att undvika spill. För produkten utan faroklassning finns inga klassade PNEC-värden eller ekotoxikologiska effekter (DNEL/DMEL).

En av de installerade flexibla fodren innehåller en variant av diisocyanat i formen av en oligomer, alltså delvis polymeriserad till korta kedjor. Tack vare att den är delvis polymeriserad så minskar toxiciteten. Till skillnad från oligomeren så klassas monomeren som *Utfasningsämne* enligt PRIO. Oligomeren är klassad enligt Tabell 3.4.

Klassificering	Faroangivelse
H317, kategori 1 (Skin Sens 1)	Kan orsaka allergisk hudreaktion.
H332, kategori 4 (Acute tox 4)	Skadligt vid inandning.
H335, kategori 3 (Stot SE 3)	Kan orsaka irritation i luftvägarna.

**Tabell 3.4**

Klassificering av en variant av diisocyanat som finns i en av produkterna.

Isocyanater används för att framställa polyuretan. Det är känt att hybridnätverk där polyuretanbindningar inkorporeras i omättade polyesterhartser kan förbättra de mekaniska egenskaperna och det är troligen därför de finns med här (Fink, 2017).

Initiatorerna är föreningar som har till uppgift att sönderfalla och reagera med akrylaterna och polymeren för att sätta igång härdningen. Dessa föreningar kan man således förvänta sig försvinner i härdförloppet då de är instabila. Men innan uthärdning ska de hanteras med försiktighet då de har flertalet faroklassningar. En sammanlagning av klassificeringar för initiatorerna som används i produkterna ses i Tabell 3.5. Av de bedömda initiatorerna (fotoinitiatorer och peroxider) så är fotoinitiatorn med som *Utfasningsämne under kriterierna Kraftigt allergiframkallande* (H317, 1A, harmoniserad klassificering) samt *Miljöfarliga långtidseffekter* (H413, harmoniserad klassificering). Koncentrationen av fotoinitiator är mindre än 1 % men varierar mellan produkterna. Samma fotoinitiator används i konventionella UV-härdade flexibla foder. Även om peroxiderna är akvatiskt giftiga (H412 och H400) så omfattas de inte av kriterier som prioriterade riskminskningsämnen enligt PRIO-guiden, då de har visat en begränsad kronisk toxicitet (jmf med klassificering H410 samt H413).

Klassificering	Faroangivelse
H242, typ C (Org. Perox. C)	Brandfarligt vid uppvärmning.
H332, kategori 4 (Acute tox.4)	Skadligt vid inandning.
H315, kategori 2 (Skin Irrit 2)	Irriterar huden.
H317, kategori 1 (Skin Sens 1 och 1A)	Kan orsaka allergisk hudreaktion.
H400, kategori: Akut 1 (Aquatic Acute 1)	Mycket giftigt för vattenlevande organismer.
H 412, kategori: Kronisk 3, (Aquatic cronic 3)	Skadliga långtidseffekter för vattenlevande organismer.
H413, Kategori: Kronisk 4 (Aquatic Chronic 4)	Kan ge skadliga långtidseffekter för vattenlevande organismer

**Tabell 3.5**

Sammanlagning av klassificering av alla initiatorer, både peroxider och fotoinitiatorer.

Ingen av produkterna innehåller några relevanta mängder av ämnen med arbetsrelaterade gränsvärden. Däremot bör god ventilation säkerhetsställa, alternativt lämplig andningsmask, samt skydd av ögon, hud och undvikande av ångor. Att jobba med härdplaster som innehåller akrylater eller metylakrylater kräver utbildning enligt AFS2022:4 samt att medicinska kontroller genomförs.

### 3.2.2 Mekaniska egenskaper

De mekaniska egenskaperna för ett antal styrenbaserade och styrenfria flexibla foder kan ses i Tabell 3.6. Mekaniska data kommer från produktdatablad eller från mätningar i labb (inom parantes) vid utförandekontroll i samband med installationer (se Bilaga B).

För glasfiberarmerade foder styrs de mekaniska egenskaperna i stor utsträckning av glasfiberinnehållet, men även matrisen (hårdplasten) och dess förmåga att binda till glasfibers yta spelar en viktig roll i att ta upp och fördela belastningar. Ett nytt system med annan hårdplast (styrenfri) påverkar således de mekaniska egenskaperna även om glasfiberbindningen är densamma och finns i lika stor halt.

För Aarsleffs PAA SF med styrenfri polyester saknas produktbladsdata om mekaniska värden, men för de andra två syns att krypfaktorn är lägre för de styrenfria än för

dem med styren, det vill säga, modulen (50-års böjmodul) förändras mer med tiden vid konstant belastning. De deklarerade värdena gäller för torr miljö om inget annat står. Vid våt miljö uppstår troligen en större förändring över tid jämfört med styrenbaserade då akrylatbaserade foder mjukgörs i större utsträckning av vatten än styrenbaserade (Laarschot, 2022).

De deklarerade värdena enligt datablad för korttidsböjstyrka är antingen lägre eller mitt i spannet jämfört med styrenbaserade. Den uppmätta korttidsböjmodulen (skenbara) var drygt 50 % högre än den deklarerade för Inpipes Freelineer och nådde 17 743 MPa, medan den var 25 % lägre än deklarerat för Saertex Environment. I båda fallen nådde installationerna upp till den krävda ringstyvheten men det visar nyckfullheten och att de slutgiltiga materialegenskaperna från fältinstallationer kan skilja sig från designvärden. Något man aldrig får veta utan provning.

Aarsleffs PAA SF med styrenfri polyester hade en skenbar böjmodul på 3108 MPa, det är i samma storleksordning som den PAA SF med styrenbaserad polyester. Hur mycket böjmodulen minskar vid 50-årsprovning är inte deklarerat.

Den deklarerade böjstyrkan är högre för Freelineer än den styrenbaserade Liner medan för Saertex är det tvärtom, en lägre böjstyrka för den styrenfria jämfört med styrenbaserade.

**Tabell 3.6**

Mekaniska data enligt produktblad för ett antal styrenbaserade och styrenfria flexibla foder.

Egenskaper	Enligt standard	Inpipe Freelineer (styrenfri)	Inpipe Liner (styren)	Saertex Environment, S+ (styrenfri)	Saertex multi, S+ (styren)	Aarsleff PAA SF (styrenfri)	Aarsleff PAA SF (styren)
Korttids böjmodul (MPa)	EN ISO 11296-4, EN ISO 178	12 000 (17743) <sup>a, c)</sup>	9 500–18 000	12 950 <sup>a)</sup> (9 789) <sup>a, c)</sup>	20 500 <sup>a)</sup>	(3 108) <sup>a, c)</sup>	3 080 <sup>a)</sup>
50 års böjmodul (MPa)	EN ISO 11296-4, EN ISO 178	7 800	6 700–12 900	9 450 <sup>a)</sup>	16 000 <sup>a)</sup>	-	1 540 <sup>a)</sup>
Böjstyrka (MPa)	EN ISO 11296-4, EN ISO 178	320	220–240	230	270	-	28
Krypfaktor $a_{50}$	EN ISO 899-2, EN ISO 11296-4	0,65 <sup>d)</sup>	0,70–0,72	0,72 <sup>b)</sup>	0,78	-	0,50
N/mm <sup>2</sup> = MPa							

<sup>a)</sup> EN 1228 (skenbar böjmodul), <sup>b)</sup> efter 2000 h (vanligen 10 000 h), <sup>c)</sup> uträknad från fältinstallation, <sup>d)</sup> uppmätt i våt miljö.

Mekaniskt ligger den största utmaningen i att hårdplaster baserade på akrylater är känsligare för vatten och mjukgörs i större utsträckning än styrenbaserade polyesterhartser. Den risken kan minskas genom att använda vinylester som polymerryggrad i hårdplasten, vilket kan vara en av anledningarna till att det används även för spillvattenledningar. I alla fallen ovan är långtidsvärdena utvärderade i torr miljö. Vad krypfaktorn ligger på i våt miljö har inte gått att få reda på, men troligen ligger den lägre.

### 3.2.3 Övriga labbanalyser

I samband med installationerna undersöktes de tre produkterna (Inpipes Freelineer, Saertex Environment, Aarsleff PAA SF styrenfri) med DMA (*differential mechanical analysis*). Alla tre produkterna uppvisade lägre värmetålighet än styrenbaserade motsvarigheter, det vill säga de började mjukna vid betydligt lägre temperatur. Enligt EN 11296-4 så ska HDT (*heat deflection temperature*) vara minst 75 °C för själva hårdplasten. Försök gjordes att göra HDT för respektive produkt, men på grund av närvaro av glasfiber/polyesterfilt kunde inte några pålitliga värden erhållas. Men det framstod

som en påtaglig risk, som observerats med DMA, att materialet inte når upp till kravet som finns i standarden.

Att mäta uthärdningsgraden i ett akrylatbaserat foder är mer utmanande än för ett styrenbaserat. I ett styrenbaserat material kan kvarvarande mängd styren kvantifieras med GC-MS (*Gas Chromatography–Mass Spectrometry*) enligt ISO 4901-2011. Anledningen till att det är mer utmanande är att ett flexibelt foder som är styrenfritt kan innehålla ett flertal akrylater och olika varianter för olika produkter. Reaktionshastigheter för de olika komponenterna kan variera och det finns ingen tillgänglig information hur väl kopplat en resthalt för specifik akrylat är mot total uthärdningsgrad. Uthärdningsgraden är bättre att utvärdera indirekt med mekanisk provning enligt ISO eller SS-EN ISO 11296-4:2018.

Däremot genomfördes GC-MS på kondensvatten från ånghärdningen av ett av de styrenfria fodren, samt före och efter installation på rinnande avloppsvatten. Analysen gjordes med GC-MS där koncentrationerna uppskattades med internstandard av hexadekane-d, samt externstandard av Metakrylsyra och monoester med propane-1,2-diol. Resultat för de ämnen som kunde detekteras i högst koncentrationer ses i Tabell 3.7.

**Tabell 3.7**

Koncentrationen av olika ämnen i kondensvattnet till ett ånghärdat flexibelt foder, samt i avloppsvattnet innan och efter installation.

Komponent	Metakrylsyra, monoester med propan-1,2-diol	4-tert-butylcyklohexanon	Alkaner med kokpunkt >250 °C, (mg/liter)
Innan installation	<0,03	<0,03	<0,03
Efter installation	<0,03	0,038	<0,03
Kondensvatten	8,9	<0,03	12 000

Bara ett av de detekterade ämnena ingick i det installerade flexibla fodret enligt produktens säkerhetsdatablad. De övriga två är oklart var de kommer ifrån. Efter installationen var det låg halt eller ej detekterbara halter av alla ämnen, däremot kunde det i kondensvattnet observeras förhöjda halter metakrylsyra men framför allt alkaner med hög kokpunkt (över 250 °C). Det finns inga alkaner med i databladet och det är oklart var de kommer ifrån. Koncentrationen av alkaner var 1,2 % av kondensvattnet vilket är väldigt högt med tanke på att de inte finns med som innehåll enligt produktens datablad. Alkaner med hög kokpunkt (exempelvis paraffin) kan bland annat användas som smörjmedel.

### 3.2.4 Långtidseffekter

När det gäller långtidprestanda hos de styrenfria flexibla fodren finns det bristfälligt med tillgängliga data från leverantörerna. En större känslighet för vatten för akrylatbaserade foder är förväntat och därmed en mjukgörning i större utsträckning, med en efterföljande lägre krypfaktor. Jämförande data mellan torr och våt miljö har inte lyckats gå att få tag på.

Däremot har hartsproducenten AOC, som har en stor del av marknaden för flexibla foder, genomfört och presenterat korrosionsdata för härdplaster med extra lågt innehåll av volatila organiska föreningar (*VOC – volatile organic compound*), som i EU klassas som ämnen som kokar vid lägre temperatur än 250 °C. Till VOC räknas därför både styren och vinyltoluen. Möjlig tillsats i vinylestern är istället tripropylenglycol diakrylat och/eller trimetylolpropan triakrylate, det vill säga en akrylatbaserad produkt.

Exponering har gjorts enligt ASTM-standarderna F1216 för en månad samt ett år för D5813. Utvärderingen har gjorts med hjälp av trepunktsböj och mätning av böjmodul samt böjstyrka där bibehållna värden ska vara minst 80 % från de initiala efter exponeringen för att produkten ska vara godkänd enligt standarden. Produkten har utvärderats med och utan fyllmedel. Som ses i Tabell 3.8 och Tabell 3.9 klarar produkten respektive standard, även om värdena i vissa miljöer faller påtagligt och är nära gränsvärdet. Påtagligt mycket faller värdena för kranvatten) samt diskmedel och tvål för den ofyllda varianten (se röda boxar i Tabell 3.8) (Waltman, 2021).



	Fyllt, ultralåg VOC* vinylesterharts		Ofyllt, ultralåg VOC* vinylesterharts	
	Böjstyrka, % kvarvarande	Böjmodul, % kvarvarande	Böjstyrka, % kvarvarande	Böjmodul, % kvarvarande
F1216, 1 månads exponering				
Kranvatten	85	90	96	96
0,1 % rengöringsmedel	94	96	81	87
0,1 % tvål	93	93	81	88
100 % vegetabilisk olja	97	93	100	100
100 % bensin	98	91	100	100
5 % salpetersyra	92	94	100	100
10 % svavelsyra	99	100	100	100
10 % fosforsyra	94	98	100	100

\* VOC volatile organic compounds, flyktiga organiska ämnen.

För den längre exponeringen, 1 år, i ASTM D5813 minskar värdena mer generellt (Tabell 3.9) och särskilt lågt blir det för exponering i diskmedel samt tvål (81 % respektive 80 %) för produkten när den är fylld med fyllmedel (troligen aluminiumtrihydroxid som används i filtstrumpor).

	Fyllt, ultralåg VOC* vinylesterharts		Ofyllt, ultralåg VOC* vinylesterharts	
	Böjstyrka, % kvarvarande	Böjmodul, % kvarvarande	Böjstyrka, % kvarvarande	Böjmodul, % kvarvarande
D5813, 1 års exponering				
0,1 % rengöringsmedel	81	89	86	86
0,1 % tvål	80	94	84	93
100 % vegetabilisk olja	97	98	100	100
100 % bensin	87	86	100	100
1 % salpetersyra	90	90	81	89
5 % svavelsyra	90	92	85	92

\* VOC volatile organic compound, flyktiga organiska ämnen.

Tyvärr finns inga jämförbara data för konventionella flexibla foder med omättad polyester baserad på isoftalat/neopentylglykol och styren. Dock kan en mindre minskning förväntas för de konventionella produkterna (Laarschot, 2022). Testerna visar att de styrenfria produkterna, trots minskning av värdena, lever upp till de krav som ställs i de amerikanska ASTM-standarderna. Men utvärdering för fler produkter på marknaden vore önskvärt för transparens av produkternas långtidsegenskaper. I EN ISO 11296-4 efterfrågas mekaniska värden efter exponering i våt miljö. Dessa saknas också i stor utsträckning och det vore positivt om de också kunde presenteras för beställare och andra intresserade.

**Tabell 3.8**

Procenttalen visar nivån bibehållen böjstyrka samt böjmodul hos akrylatbaserad vinylester med och utan fyllmedel efter exponering i ett antal olika kemikalier i en månad. 80 % utgör minimumkravet enligt standarden ASTM F1216.

**Tabell 3.9**

Procenttalen visar nivån bibehållen böjstyrka samt böjmodul hos akrylatbaserad vinylester med och utan fyllmedel efter exponering i ett antal olika kemikalier i ett år. 80 % utgör minimumkravet enligt standarden ASTM D5813.

---

### 3.3 Slutsatser för styrenfria flexibla foder

Som ett komplement till styrenbaserade flexibla foder finns nu även ett antal styrenfria alternativ tillgängliga på marknaden. De produkter som studerats under projektets gång har visat sig vara väldigt lika i installationsförfarande och mekaniska egenskaper som de styrenbaserade. Rent installationsmässigt bör alltså en övergång till styrenfria alternativ inte utgöra något hinder.

Ingen av kemikalierna i de styrenfria produkterna är listade på SIN-listan. Kemiskt innehåller två av tre styrenfria flexibla foder akrylater som är *Allergiframkallande* vilket uppfyller Kemikalieinspektionens PRIO-kriterier som *Prioriterade Riskminskningsämnen*, dessa är klassade H317, kategori 1. Eftersom akrylaterna finns i stor koncentration innebär det att produkterna med dessa komponenter får piktogram för *Skadlig och Frätande* och bör hanteras därefter i enlighet med AFS. Även för akrylaterna är det viktigt att undvika utsläpp då PNEC-värdet för den mest toxiska akrylaten ligger på 10 mg/liter för avloppsreningsverk, 0,046 mg/liter för tillfälligt utsläpp (intermittent) men endast 0,005 mg/liter för sötvatten.

Att det finns bra styrenfria produkter på marknaden utgör en förutsättning och ett lovande avstamp för att i framtiden fasa ut styrenbaserade foder, vilket är en policy i vissa kommuner.

---

## 4 Fortsatta arbeten

Projektet har fått fram en del data, men det vore positivt med betydligt fler mätpunkter för att kunna omvandla data till tydliga krav i upphandlingar. Utöver att bättra på statistiken vore det önskvärt att göra uppföljningar på de installationer där höga värden uppmättes efter 24 timmar. Ytterligare en mätning efter en vecka skulle ge svar på om den nya installationen läcker över en längre period och om åtgärder behöver vidtas. Även processvatten till varmvattenhärdade flexibla foder behöver mätas, vilket inte gjordes i projektet. För att bättra på kunskapen hade det även varit bra att göra studier på tidsåtgång för att bryta ner styrenkontaminerat vatten i till exempel en IBC-tank, och vilka krav man kan ställa som upphandlare i samband med hanteringen.

---

# Referenser

Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2010. *Toxicological profile for styrene*, s.l.: U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES.

BASTA, 2023. <https://www.bastaonline.se/om-basta/basta/2023-01-23>. [Online]  
Available at: <https://www.bastaonline.se/om-basta/basta/2023-01-23>

ChemSec, 2023. *SIN-list*. [Online]  
Available at: <https://sinlist.chemsec.org/>  
[Accessed 05 04 2022].

Downey, D., 2010. The Story Behind the Pipe: an Inside Look at CIPP. *Trenchless International*, October, pp. 28–29.

ECHA European Chemicals Agency, 2022. [Online]  
Available at: <https://echa.europa.eu/sv/substance-information/-/substanceinfo/100.011.350>

ECHA, 2023. *Registration Dossier*. [Online]  
Available at: <https://echa.europa.eu/sv/registration-dossier/-/registered-dossier/15565/5/1>  
[Accessed 22 08 2023].

ECHA, 2023. *Styrene - Ecotoxicological Summary*. [Online]  
Available at: <https://echa.europa.eu/sv/registration-dossier/-/registered-dossier/15565/6/1>

ECHA, 2023. *Substance Information*. [Online]  
Available at: <https://echa.europa.eu/sv/substance-information/-/substanceinfo/100.016.562>  
[Accessed 12 06 2020].

EPA, 1984. *Health and environmental effects profile for styrene*, Cincinnati: U.S. Environmental Protection Agency, Environmental Criteria and Assessment Office.

Fink, J. K., 2017. *Reactive polymers: fundamentals and applications: a concise guide to industrial polymers*. s.l.:William Andrew.

Finnveden, M. & von Stedingk, H., 2020. *Utvärdering för kemiska risker och miljöförstörande ämnen i flexibla foder – En informationssammanställning*, Stockholm: Svenskt Vatten Utveckling.

Fu, M. & Alexander, M., 1992. Biodegradation of styrene in samples of natural environments. *Environ Sci Technol*, Volume 26:, pp. 1540–1544.

Göteborg Stad, 2022. *Miljö och klimat Göteborg 2030*. [Online]  
Available at: <https://goteborg.se/wps/portal/enhetssida/miljo-och-klimat-goteborg/miljoledningssystem/vagledning-och-handledning/vagledning-till-goteborgs-stads-strategiska-kemikaliearbete>  
[Accessed 21 04 2023].

Kemikalieinspektionen, 2022. *KEMI Kemikalieinspektionen*. [Online]  
Available at: <https://www.kemi.se/prioguiden/start/prios-kriterier-for-utfasningsamnen-och-prioriterade-riskminskningsamnen>

Kemikalieinspektionen, 2023. <https://www.kemi.se/lagar-och-regler/reach-forordningen/sakerhetsdatablad>. [Online]  
Available at: <https://www.kemi.se/lagar-och-regler/reach-forordningen/sakerhetsdatablad>

---

- 
- Kemikalieinspektionen, 2023. *KEMI Kemikalieinspektionen*. [Online]  
Available at: <https://www.kemi.se/prio-start/kriterier/prio-amnens-egenskaper>  
[Accessed 10 06 2020].
- Laarschot, R. v. d., 2022. *Personal talk, discusion on AOC resins for CIPP* [Interview]  
(22 06 2022).
- Laarschot, R. v. d., 2022. *Product Leader Relining-CIPP / Technical Service  
Manager at AOC* [Interview] (22 06 2022).
- Lin, Y. T. T. S. W. Y. C. W. T. Y. H. & C. C. Y., 2018. contact dermatitis caused by  
acrylates in nail cosmetic products: Case reports and review of the literatures..  
*Dermatologica sinica*, 64(4), pp. 218–221.
- Malm, A. et al., 2011. *Rörmaterial i svenska VA-ledningar egenskaper och livslängd*,  
Stockholm: Svenskt Vatten Utveckling.
- National Research Council, 2014. *Review of the Styrene Assessment in the National  
Toxicology Program 12th Report on Carcinogens: Workshop Summary*, s.l.:  
National Academies Press (US).
- Pallon, L., Marklund, E., Persson, O. & Johansson, T., 2021. *Flexibla foder – kun-  
skapsöversikt och statusbedömning av driftsatta foder*, Stockholm: Svenskt Vatten.
- Stockholm Stad, 2020. *Stockholms stads kemikalieplan 2020-2023*. [Online]  
Available at: [https://miljobarometern.stockholm.se/content/docs/tema/kemikalier/  
kemikalieplan/kemikalieplan-2020-2023.pdf](https://miljobarometern.stockholm.se/content/docs/tema/kemikalier/kemikalieplan/kemikalieplan-2020-2023.pdf)  
[Accessed 21 08 2023].
- von Stedingk, H. & Birgersson, C., 2019. *Uppföljning av styrenutsläpp i samband  
med infodring av trummor*, s.l.: Trafikverket.
- Waltman, P., 2021. *Development of non-styrene resins for cured-in-place pipe*.  
Orlando, s.n.
- World Health Organization, 1987. Air quality guidelines for Europe, Copenhagen:  
World Health Organization Regional Office for Europe.. *WHO Regional Publications,  
European Series 91*, pp. 118–126.

---

# Bilagor

# Bilaga A Uppmätta styrenvärden för alla installationer

För alla mätpunkter var referensvärdet 20 µg/liter, alltså minsta detektionsgränsen för den använda metoden. Alla mätvärden i Tabell A.1 och Tabell A.2 är i µg/liter (1 000 µg/liter = 1 mg/liter). Mätpunkterna är tagna i slutbrunnen och tiden som anges är tiden efter att vatten börjat flöda i det nya härdade flexibla fodret.

Tidpunkt	#1 Falun	#2 Göteborg	#3 Göteborg	#4 Sigtuna	#5 Sigtuna
Härdmetod	UV-ljus	UV-ljus	UV-ljus	UV-ljus	UV-ljus
10–20 min	1 200	150	480	320	20
60–70 min	73	63	20	20	20
12–28 h	20	20	20	20	20
Reststyren fodervägg	3,3 %	0,31 %	0,37 %	0,8 %	1,1 %

**Tabell A.1**

Uppmätt styrenhalt i avloppsvatten (mikrogram/liter) olika tider efter det att installationen slutförts, samt reststyrenhalten (%) i foderväggen för fem installationer genomförda med UV-ljus.

Tidpunkt	#6 Malmö	#7 Uppsala	#8 Uppsala	#9 Alingsås	#10 Göteborg
Härdmetod	Vatten	Ånga	Ånga	Ånga	Ånga
10–20 min	290	20	9500	360	41 500
60–70 min	650	20	11 800	1 400	630
12–28 h	20	20	5 900	840	3 600
Processvatten	–	20	12 200	3200*	–
Reststyren fodervägg (%)	–	0,26 %	0,055 %	0,16 %	0,015 %

\* IBC-tank

**Tabell A.2**

Uppmätt styrenhalt i avloppsvatten (mikrogram/liter) olika tider efter det att installationen slutförts, samt reststyrenhalten (%) i foderväggen för fyra installationer genomförda med ånghärdning samt en med varmvattenhärdning.

---

# Bilaga B Installationer gjorda i fält av styrenfria alternativ

Under 2022 genomförde Kretslopp & Vatten i Göteborg två installationer av styrenfria foder och SVOA i Stockholm en installation för att börja lära känna produkterna. Både Göteborg och Stockholm är kommuner som antagit policys om att fasa ut hormonstörande ämnen som finns på SIN-listan ur sin verksamhet, vilket inkluderar styren, och det är således viktigt för dem att börja jobba med framtida produkter. Både för dem som beställare och för producenter av produkterna.

## Saertex Environment

Installationen genomfördes i Göteborg på Skeppet Ärans väg, strax nedan för Älvsborgsbron. Sträckan som installerades var 114 m lång och består av en äldre DN-225 mm ledning i betong. Installationen utfördes mellan brunnarna ASN13234 och ASN13232 med två stycken mellanbrunnar.

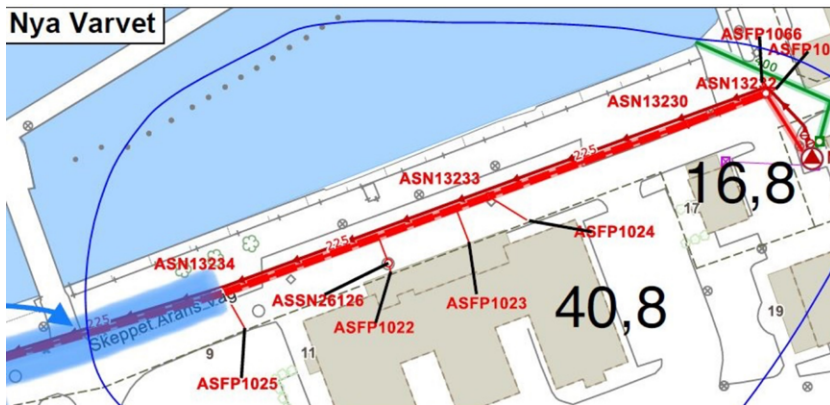


**Figur B.1**

Skeppet Ärans väg med delar av manskapet som installerade fodret till vänster. Till höger syns det packade ohärdade flexibla fodret innan det vinschats in i det befintliga röret.







Arbetslaget (tre personer) genomförde en första spolning och pluggning dagen innan och därefter en till spolning på morgon. Efter det genomfördes efterföljande videoinspektion samt servisutmätning. Därefter drogs fodret in med stålsvajer och eftersom produkten kom med integrerat glidfylmslager behövde ingen extra glidfilm installeras. När fodret var på plats förslöts det i ändarna. Innan dess hade fodret kapats upp till rätt längd för installationen. Eftersom prover skulle tas ut i mellanbrunnar installerades två tygmanschetter för att förhindra obegränsad expansion av fodret. Det för att göra foderbiten representativ för installationen. Efter det blåstes fodret successivt upp till 0,7 bar under cirka 20 minuters tid.

### Figur B.2

Till vänster syns sträckan för installationen samt brunnarna. Till höger syns insprutande vattenstrålar från sträckan som synliggör behovet av infodring.



### Figur B.3

Fodret vinschas på plats. Ingen separat glidfolie behövs eftersom produkten kommer med en integrerad glidfolie.

Efter det fördes ljusståget in, ett 3,5 m långt tåg med nio UV-lampor à 400 W. Lamporna tändes succesivt för att få en initialt jämn härdning. Tråget började sedan dras vid 0,1 m/min för att stegvis ökas upp till slutliga 1,4 m/min då måltemperaturen på 80 °C erhållits. Själva härdningen tog cirka en timme. Efter det kapades, filmades och frästes serviser ut innan en slutgiltig filmning genomfördes.



**Figur B.4**

Kamera på väg in i ledning för besiktningsfilm efter att hela sträckan har UV-härdats.

### **Entreprenörens upplevelse av installationen**

Arbetslaget som genomförde installationen var alla rörande överens om att installationen inte avvek något nämnvärt från en vanlig installation med styrenbaserat polyestertoder med glasfiber. Produkten var förimpregnerad och inpackad med glidfolie och barriär på samma sätt som de konventionella fodren. Fodret kunde således installeras precis enligt den vanliga arbetsmetodiken vilket var uppskattat. Uppblåsningen av fodret gjordes på samma sätt, med en successiv ökning av trycket till 0,7 bar, vilket är det tryck som Saertex sätter på sina DN225-foder.

Härdningsprocessen var väldigt snarlik den som föreskrivs för motsvarande 4 mm tjockt DN225 mm foder med styren som lösningsmedel. Föreskriften gav dock maximal drifhastighet som var maximalt cirka 5 % högre än för det konventionella fodret. Den hastigheten kom dock arbetslaget upp i eftersom härdtemperaturen tog tid (runt 20 min) för att komma upp i de 80 °C som är måltemperaturen. Arbetslaget tyckte att det tog längre tid än vanligt att komma upp i temperatur (låg ett längre tag runt 60 °C). Men eftersom installationen skedde precis vid kajen så var rören helt grundvattenkylda, vilket kan ha varit orsaken till förlängd tid att nå rätt temperatur, och inte den ändrade kompositionen av hartset.

I samband med kapning av fodret upplevdes fodret som mer lättkapat än de styrenbaserade fodren.

Den totala bedömningen från arbetslaget var att det var en i princip smärtfri övergång att byta fodret, ”det var inte svårare än av att sätta krysset på styrenfritt vid beställning”.

### **Aarsleff PAA SF med styrenfri polyester**

Installation genomfördes på Kungsklippan 18 på Kungsholmen i centrala Stockholm under 2022 med en filtstrumpa av typen PAA-SF-Liner™ med styrenfri polyester som var 56 meter lång.



**Figur B.5**

Den röda linjen visar installationens sträckning.

Fodret hade en diameter på 225 mm, var 6 mm tjockt, hade en innerliner av polypropen och var designat för ånghärdning. Installationen gjordes på en sträcka precis ovanför en pumpstation där man noterat inläckage av avloppsvatten. Värdröret som bestod av både tegel och betong var installerat under 1930-talet. På grund av att startbrunnen utgjordes av en rensbrunn var man tvungen att schakta en startpunkt samt öppna upp det gamla värdröret för att få in det flexibla fodret. På sträckan fanns det tre serviser, en till en fastighet och två för dagvatten.



**Figur B.6**

Schaktet för installationen samt två lastbilar som behövdes för att genomföra installationen, där den närmaste har fodret upplindat i en kula som sen trycksätts.

Efter att ledningen hade filmats och spolats så påbörjades installationen av det styrenfria fodret runt kl 11:00. Fodret var upplindat i en kula på en mindre lastbil. Ånga och tryck reglerades från den bakre lastbilen (se Figur B.6).

Först vrängdes en preliner in för att skydda fodret vid invrängning samt minska risken för att hårdplast kommer i kontakt med grundvatten. Fodret vrängdes in i röret med ett tryck av cirka 0,4 bar. Efter slutbrunnen installerades skorstenen för utblåsning av ånga samt rör för uppsug av kondensvatten (se Figur B.7 t.v.). I slutpunkten installerades två stycken expansionsbegränsare för att möjliggöra uttag av provbitar. Dessa installerades efter slutbrunnen och ses i Figur B.7 t.h. Två termometrar installerades i slutpunkten, en i ångan och en mellan fodret och värdröret. Dessa användes för att kontrollera temperaturen och således härdförloppet hos hårdplasten.



Efter att fodret vrängts in genomfördes en kalibrering av systemet vid 50 °C ångtemperatur, efter det höjdes temperaturen successivt hos ånga tills 58 °C uppnåddes mellan fodret och värdröret i slutbrunnen. Efter det tilläts röret att härdas under en timmes tid innan avkylning med 0,5 °C/min drog igång ner till en temperatur på cirka 38 °C mellan fodervägg och värdrör i slutbrunnen. Hela cykeln; uppvärmning, härdning och kylning tog enligt schemat 210 min. En betydligt längre process än för konventionella ånghärdade flexibla foder med styren.

Efter installationen kapades fodret av i anslutningspunkterna innan serviser frästes ut och sedan sköljdes ur.

**Figur B.7**

T.v. slutbrunnen där strumpan kommer upp samt skorstenen för utblåsning av ånga. T.h. de två stycken (gråa och vita i röd ruta) som begränsar expansion och möjliggör uttag av provbit för mekanisk utvärdering. Än mer önskvärt vore dock att ta prov i mellanbrunn för representativ provbit.



**Figur B.8**

Det flexibla fodret är härdat och avkapat. Längst ut sitter en bit PVC-rör för att möjliggöra enklare påkoppling.

### Installatörens erfarenhet

Eftersom den styrenfria strumpan är framtagen för att passa i det konventionella ånghärdade systemet är mycket i själva installationen detsamma som för en styrenbaserad. De huvudsakliga skillnaderna i förfarandet av installationen var avsaknaden av styrendoft, vilket var mycket uppskattat av personalen, samt att uppvärmning, härdprocess och avkylning var betydligt långsammare än vanligt. Tidsmässigt bedömdes hela installationen ta åtminstone dubbla tiden mot en vanlig installation. Störst skillnad var att den långsamma uppvärmningen och nedkylningen av fodret från måltemperaturen 58 °C, vilket gjorde att processen blev längre.

Fodret i sig upplevdes både hårdare och mer styvt vid kapning och fräsning av serviser jämfört med vanligt styrenbaserat filtfoder.

### Inpipe Freeliner

Installationen var uppdelad på tre stycken sträckor på 35, 70 samt 15 meter och genomfördes på Kungälvsgatan i Göteborg. Författaren var på plats dag 1 av installationen. Tyvärr var fräsroboten sönder och ingen installation kunde genomföras denna dag. Således är all information från installationen från telefonsamtal med installatörerna i efterhand samt mejlkonversationer med andra inblandade.



**Figur B.9**

Kungälvsgatan där den första sträckan av installationen genomfördes.

Installationen genomfördes genom att fodret vrängdes in direkt från lastbilsutrymmet. Det är en teknik som Inpipe ofta tillämpar på sina standardfoder och även gjorde i detta fall. Invrängning leder till en snabbare etablering samt mindre arbetsinsats.

För installationen användes 9 UV-lampor à 1 000 W, dvs 9 000 W.

### Installatörens erfarenhet

Installationen av den styrenfria Freelinern var på det stora hela väldigt lik en installation av en standardliner från Inpipe. Vissa skillnader kunde dock noteras av installatörerna (i samtal med Nicklas Svenssons, Pollex) vilket beskrivs (kursivt) nedan.

*När det gällde själva strumpan upplevdes den som betydligt styvare och fastare jämfört med styrenbaserade glasfiberstrumpor i ohärdat tillstånd. När man tryckte på den flöt den undan mindre, vilket en styrenbaserad strumpa från Inpipe gör i större utsträckning. Den ohärdade härdplasten upplevs "fuktig" men inte kladdig som den styrenbaserade och luktade aningen surt. Det utgjorde dock på inget sett någon problematisk lukt.*

---

*I samband med invrängning så visade sig även att det behövdes ett betydligt högre tryck för att få ut Freelinern. Det gällde framför allt för den andra halvan av installationen, det vill säga när inget foder fanns kvar i lastbilen utan låg ”dubbelt” i första halva sträckan av röret. Det betedde sig då mer som en Flexliner från Inpipe. Strumpan la sig väldigt fint mot värdröret och såg superfin ut.*

*Själva härdningen med UV-ljus ska enligt manual göras med 78 m/h för 9 000 W ljuståg. Härdtemperaturen bör ligga på 70 °C. Vid installationen kunde dock inte dessa parametrar hållas, alternativt var det fel på temperatursensorerna. Istället gick temperaturen snabbt upp till 150 °C vid härdning, vilket är den maximala temperaturen för sensorerna. Hastigheten för installationen höjdes då till 87 m/h vilket ledde till lägre temperaturer. De uppmätta höga temperaturerna ledde inte till någon synlig påverkan på installationen, varken i form av brännskador, färgförändringar eller smält plast vilket kan utesluta att de uppmätta temperaturerna faktiskt uppnåddes. Den slutliga ytan var mer matt och mörkare än ett vanligt standardfoder.*

## **Slutsats för installerade styrenfria flexibla foder**

Vid alla installationer var installatörerna överens om att skillnaden mot en vanlig konventionell installation med styrenbaserat foder var liten. Handhavandet och införandet av fodret avvek inte mycket från det normala. För de UV-härdande fodren var tidsåtgången på det stora hela samma som en UV-härdande styrenbaserad installation, däremot var den längre för den ånghärdade på grund av att det krävdes en långsammare uppvärmning och nedkylning.

Det är väldigt positivt att det finns tillgängliga styrenfria produkter på marknaden som är mogna att installeras utan förändringar i installationsförfarande hos entreprenören. Förhoppningsvis är det produkter som börjar användas i större utsträckning framöver vid installationer där styrenutsläpp eller styrenångor utgör direkta problem.

Hur de akrylatbaserade fodren presterar över tid är något som kvarstår att utvärdera.

# Svenskt Vatten

UTVECKLING

Svenskt Vatten Utveckling  
Svenskt Vatten AB

POSTADRESS BOX 14057, 167 14 Bromma

BESÖKSADRESS Gustavslundsvägen 12, 167 51 Bromma

TELEFON 08-506 002 00

E-MAIL [svensktvatten@svensktvatten.se](mailto:svensktvatten@svensktvatten.se)

[www.svensktvatten.se](http://www.svensktvatten.se)