

Kompletterande upplysningar

Vägledning för detektering och mätning av tennorganiska föreningar på fritidsbåtskrov

Versionshistorik

Version	Datum	Beskrivning	Ansvarig
1.0	2025-05-14	Färdigställande av dokumentet	Lina Petersson

Innehåll

SAMMANFATTNING	5
1 SYFTE.....	6
2 OMFATTNING	6
3 MÅLGRUPP.....	6
4 INLEDNING	6
4.1 Vad är Tennorganiska föreningar, TOF?.....	7
4.2 Arbete för att minska spridning av TOF till miljön	7
5 METODER FÖR DETEKTERING OCH MÄTNING AV TENNORGANISKA FÖRENINGAR PÅ BÅTSKROV.....	8
5.1 XRF - mätning på båtskrov	9
5.1.1 Riktvärde	9
5.1.2 Bekräftande av TOF på båtskrov	10
5.1.3 Osäkerheter vid provtagning och analys med XRF.....	10
5.2 Skrapprov med kemisk analys.....	11
5.2.1 Osäkerheter vid provtagning och analys av färgskrap	12
6 JÄMFÖRELSE MELLAN XRF-MÄTNING OCH SKRAPPROV MED KEMISK ANALYS	12
6.1.1 Jämförelse av metodernas osäkerheter	12
6.1.2 Jämförelse mellan metodernas kostnader och praktiska genomförande	13
7 DISKUSSION	14
7.1 Partiell sanering	14
7.2 Oorganiskt tenn som påverkar TOF-halten	14
7.3 Kemisk analys av färre ämnen	15
7.4 Användning av spärrfärg.....	15
8 SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER.....	15
9 FÖRVALTNING	16
10 REFERENSER.....	16

Sammanfattning

Dokumentet är en kompletterande upplysning från Transportstyrelsen om hur tennorganiska föreningar (TOF) på båtskrov kan detekteras och mätas. Det är framtaget utifrån Transportstyrelsens roll som tillsynsmyndighet för EU-förordningen (EG) nr 782/2003, även kallad AFS-förordningen.

Trots att det har varit förbjudet att använda båtbottnfärger med TOF sedan 1989 finns det fortfarande rester av dessa miljöfarliga ämnen kvar i underliggande färglager på många båtskrov.

Transportstyrelsen rekommenderar två metoder för att detektera och mäta TOF på båtskrov:

- XRF-mätning (röntgenfluorescens) - en icke-destruktiv metod som mäter tennhalten i färglagren. Om halten överstiger 100 µg/cm² på båtskrovet anses TOF förekomma, samt
- Skrapprov och kemisk analys - en provtagning av färgskrap från båtskrovet som analyseras i laboratorium för att identifiera specifika TOF.

De två bilagda handböckerna *XRF-mätning för identifiering av båtar med förbjuden tennorganisk färg på skrovet* - Handbok för utförande och bedömning av mätningar och *Kemisk analys för identifiering av båtar med förbjuden tennorganisk färg på skrovet* - Handbok för skrapning och analys av båtbottnfärger bör följas. Vissa avvikelser kan dock accepteras, vilka framgår av Diskussionen i avsnitt 7.

Om TOF påvisas bör båtägaren sanera skrovet enligt rekommendationen till båtägare, båtklubbar och andra verksamhetsutövare; ”Sanering av bottenfärg som innehåller TBT eller andra farliga ämnen från fritidsbåtskrov”.

1 Syfte

Detta dokument är avsett att användas som stöd vid detektering och mätning av tennorganiska föreningar (TOF) på båtskrov. Det beskriver två olika metoder för att identifiera TOF. Transportstyrelsen kan rekommendera dessa metoder utifrån sin roll som tillsynsmyndighet över EU-förordningen (EG) nr 782/2003 (AFS-förordningen).

2 Omfattning

Detta dokument är Transportstyrelsens kompletterande upplysningar för mätning och detektering av tennorganiska föreningar på båtskrov utifrån följande regelverk: EG-förordning (EG) nr 782/2003 om förbud mot tennorganiska föreningar på fartyg, samt förordning (1980:789) om åtgärder mot förorening från fartyg.

3 Målgrupp

Målgruppen är de som ska undersöka om det finns TOF på ett båtskrov, exempelvis båtägare, båtklubbar, båtorganisationer och andra intressenter.

4 Inledning

Sedan 2008 är det genom AFS-förordningen¹ förbjudet att ha TOF på skrovet på alla typer av fartyg och undervattenskonstruktioner om det riskerar att läcka ut till vattenmiljön. I begreppet fartyg inkluderas även fritidsbåtar.

Transportstyrelsen är enligt förordning (1980:789) om åtgärder mot förorening från fartyg utsedd som svensk tillsynsmyndighet över efterlevnaden av EU-förordningen. Av förordningen om åtgärder mot förorening från fartyg följer vidare att svenska fartyg inte får användas till sjöfart om de inte uppfyller föreskrifter enligt EU-förordningen. Trots detta förbud finns det ofta fortfarande rester av dessa miljöfarliga ämnen kvar på båtskrov i underliggande färglager som riskerar att läcka ut i vattenmiljön vid exempelvis högtryckstvätt, borsttvätt, skrapning, slipning samt diffust läckage trots övermålning. Om TOF detekteras och ska tas bort från båtskrovet hänvisas till publikationen ”Rekommendationer till båtägare, båtklubbar och andra verksamhetsutövare: Sanering av bottenfärg som innehåller TBT eller andra farliga ämnen från fritidsbåtsskrov²”.

¹ EU-förordningen (EG) nr 782/2003

² www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/sjofart/dokument/fritidsbatar1/miljo/rekommendation-sanering-batbotten_jan2022.pdf

4.1 Vad är Tennorganiska föreningar, TOF?

Tennorganiska föreningar (TOF) är ett samlingsbegrepp för alla kemiska föreningar med en central tennatom till vilken mellan en och fyra så kallade organiska substituenten kan vara bundna. Det finns idag över 800 olika TOF. Tributyltenn (TBT) eller trifenylyltenn (TPhT) är de TOF som oftast har använts i tennorganiska båtbottnfärger och som man huvudsakligen kan förvänta sig hitta på fritidsbåtar med gamla lager av tennorganisk färg, men även andra TOF kan förekomma. I färgskrap där TBT och TPhT detekteras återfinns i regel även deras di- och monosubstituerade varianter, det vill säga dibutyltenn (DBT) och monobutyltenn (MBT) samt difenylyltenn (DPhT) och monofenylyltenn (MPhT). Även tetrabutyltenn (TTBT) kan förekomma. För en uppräknig av tennorganiska föreningar som har detekterats på båtskrov se tabell 1.

Halter av den tennorganiska föreningen TBT och andra TOF är förhöjda i områden med mycket historisk och nutida fartygstrafik och fritidsbåtar, som fritidsbåtshamnar, hamnar, naturhamnar, farleder etc. Eftersom TOF som är lagrade i sediment bryts ned väldigt långsamt, kvarstår de förhöjda värdena under lång tid även efter att nyttillförseln har stoppats. TOF är giftiga även i mycket låga koncentrationer för många vattenlevande organismer. TOF är ett kraftigt hormonstörande ämne som kan göra exempelvis snäckor sterila och försvagar immunförsvaret hos djur³. Enligt EUs Havsmiljödirektiv respektive Vattendirektiv behöver Sverige minska halten och tillförseln av TOF till havsmiljön, för att nå god miljöstatus och god kemisk status.

Tabell 1. Tennorganiska föreningar som har använts som aktiv substans i båtbottnfärger och sedermera har detekterats på båtskrov

Förkortning	Fullständigt namn på förening
MBT	Monobutyltenn
DBT	Dibutyltenn
TBT	Tributyltenn
TTBT	Tetrabutyltenn
MPhT	Monofenylyltenn
DPhT	Difenylyltenn
TPhT	Trifenylyltenn

4.2 Arbete för att minska spridning av TOF till miljön

Arbetet med att minska spridning av farliga ämnen från fritidsbåtar har pågått sedan 2016 (Skrovmålet⁴) och ingår i Åtgärdsprogrammet för havsmiljön (ÅPH) åtgärd 17 - *Minskad spridning av farliga ämnen från fritidsbåtar*⁵. En viktig del för att kunna minska tillförseln av TOF till

³ <https://www.sverigesvattenmiljo.se/sa-mar-vara-vatten/2023/variabelgrupper/0/0/204>

⁴ Skrovmålet är ett nationellt samverkansprojekt för en giftfri miljö som initierades av Transportstyrelsen 2016

⁵ www.havochvatten.se/planering-forvaltning-och-samverkan/havsmiljoforvaltning/atgardsprogram-for-havsmiljon-i-nordsjon-och-ostersjon/atgardsfaktablad/faktablad/atgardsfaktablad-17---farliga-amnen.html

havsmiljön är att det går att identifiera de fritidsbåtar som fortfarande har tennorganisk färg på skrovet.

Inom åtgärdens genomförandeplan är en aktivitet att se över existerande metodik för att mäta förekomst av TOF och andra biocider på båtskrov. På uppdrag av Havs- och vattenmyndigheten och Transportstyrelsen har Chalmers tekniska högskola genomfört två forskningsprojekt samt tagit fram handböcker för detektering och mätning av TOF. Projektet finansierades av Havs- och vattenmyndigheten. Forskningsresultaten ligger till grund för Transportstyrelsens ställningstagande om tillförlitliga metoder som presenteras i dessa kompletterande upplysningar.

Framtagandet av de två handböckerna har skett i samverkan med delar av Båtmiljörådet⁶ och Chalmers tekniska högskola. Handböckerna finns som bilagor till detta dokument.

Detta är studierna;

- *Kvalitetssäkring av XRF-mätningar av tenn på fritidsbåtar - för en harmoniserad och likvärdig bedömning av tennhalter på fritidsbåtar*⁷ inklusive en Handbok för utförande och bedömning av mätningar, samt
- *Tennorganiska föreningar i färgavskrap från fritidsbåtar - Provtagning, kemisk analys och bedömning av resultat*⁸ inklusive en Handbok för skrapning och analys av båtbottnfärger.

Inom XRF-studien togs ett gemensamt förfarande fram för mätning på båtskrov med förankring bland XRF-mätare, branschorganisationer, båtklubbar, tillsynsmyndigheter och andra myndigheter.

Inom skrapprovs-studien tog ALS Scandinavia AB fram ett analyspaket för TOF i färgflagor, något som tidigare saknades på den svenska marknaden.

5 Metoder för detektering och mätning av tennorganiska föreningar på båtskrov

Utifrån ovan nämnda studier presenteras två metoder för att detektera och mäta förekomst av tennorganiska föreningar (TOF) på båtskrov.

- XRF-mätning på båtskrov

XRF-metoden använder röntgenfluorescens för att kvantifiera mängden tenn i den undersökta färgen. Metoden och dess verifiering är beskriven i rapporten *"Kvalitetssäkring av XRF-mätningar av tenn på fritidsbåtar - för en harmoniserad och likvärdig bedömning av tennhalter på fritidsbåtar"*

⁶ Båtmiljörådet är en sammanslutning där myndigheter och organisationer kan utbyta information och erfarenheter med syftet att skapa förutsättningar för ett mer miljövänligt båtliv.

⁷ <https://research.chalmers.se/publication/536077>

⁸ <https://research.chalmers.se/publication/539973>

- Skrapprov och kemisk analys

Detta tillvägagångssätt och verifiering av metoden är beskriven i rapporten ”Tennorganiska föreningar i färgavskrap från fritidsbåtar - Provtagning, kemisk analys och bedömning av resultat”.

Nedan följer en översiktlig beskrivning av dessa två metoder.

5.1 XRF - mätning på båtskrov

XRF (röntgenfluorescens) är en icke-destruktiv⁹, indirekt metod som kan användas för att mäta förekomst av TOF. Vid XRF-analys mäts den totala tennhalten vilket innebär att både tenn i organisk form (såsom TOF) och oorganisk form (Sn som kan förekomma som bakgrundshalt) detekteras. Eftersom metoden inte mäter halten tennorganiska föreningar direkt går det endast att hänvisa till ”sannolikhet” eller ”indikation” att tennorganiska föreningar förekommer, men det finns ett tydligt och vetenskapligt belagt samband mellan totalt uppmätt tenn och halten tennorganiska föreningar på båtskrov.

5.1.1 Riktvärde

Transportstyrelsen gav 2016 i uppdrag åt Chalmers tekniska högskola och Stockholms Universitet att genomföra en studie för att bl.a. föreslå ett riktvärde för TOF vid XRF-mätning¹⁰. Ett riktvärde på 100 µg Sn/cm² föreslogs. Samma riktvärde bekräftades av den XRF-studie¹¹ som ligger till grund för dessa kompletterande upplysningar.

Riktvärdet är satt till 100 µg Sn/cm² för att säkerställa att en XRF-mätning visar förekomst av TOF och inte förekomst av tenn som orenhet i andra tillåtna färger. För ytterligare detaljer kring hur riktvärdet tagits fram se *”Förekomst av förbjuden tennfärg på fartygs- och fritidsbåtsskrov – utveckling av XRF-metod för mätning av tenn och förslag på riktvärde”*¹².

För att få ett representativt värde ska XRF-instrument som används ha en lämplig kalibrering för mätning av tenn i färg och de mättider som rekommenderats av instrumentets tillverkare ska följas för att säkerställa att mätningen håller god kvalitet (precision). Samma mättid bör användas vid alla mätningar. Det finns ingen nationell standard för XRF-instrument eller kalibrering för denna typ av mätning men riktvärdet är satt för att med största sannolikhet detektera TOF, och det exakta värdet är av underordnad betydelse.

⁹ Icke-destruktiv betyder att den inte gör någon kemisk eller fysisk åverkan vid provtagningen.

¹⁰ Förekomst av förbjuden tennfärg på fartygs- och fritidsbåtsskrov – utveckling av XRF-metod för mätning av tenn & förslag på riktvärde, Chalmers Tekniska Högskola och Stockholms Universitet, Maria Lagerström, Erik Ytreberg, Daniel Yngsell, Britta Eklund, 2017.

¹¹ Kvalitetssäkring av XRF-mätningar av tenn på fritidsbåtar - För en harmoniserad och likvärdig bedömning av tennhalter på fritidsbåtar, Chalmers tekniska högskola, Maria Lagerström, Erik Ytreberg, Jessica Näsström, 2023

¹² <https://research.chalmers.se/project/7716>

Eftersom det länge varit förbjudet att använda TOF som biocider i båtbottnfärg kommer skrovet som ska analyseras sannolikt att ha ett eller flera lager av olika bottenfärger målade utanpå eventuell förbjuden tennfärg. Det är svårt att måla helt jämnt på ett skrov och således kan det förekomma viss variation av färgens tjocklek på en och samma båt. Vilka färglager som finns på ett skrov, deras tjocklek och kemiska sammansättning kommer också att skilja sig mellan båtar. Eftersom förutsättningarna kan vara så olika är det viktigt att XRF-instrumentet har en applikation specifikt för båtskrov eller använder sig av instrumentspecifika korrigeringsfaktorer.

5.1.2 Bekräftande av TOF på båtskrov

Tennhalten i $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ska mätas i åtta olika punkter jämnt fördelade på skrovet en bit under vattenlinjen. Halten i varje punkt ska jämföras med riktvärdet på $100 \mu\text{g}/\text{cm}^2$. Om alla mätpunkter har halter som ligger under riktvärdet ska båtskrovet anses vara fritt från TOF.

Om XRF-instrumentet i någon punkt ger utslag på halter över riktvärdet ska det omgående genomföras ytterligare tre mätningar inom en radie av 10 cm från den ursprungliga punkten. Om riktvärdet överskrids i någon av de ytterligare tre mätpunkterna ska det anses bekräftat att det sannolikt förekommer TOF på båtskrovet. Om ingen av de extra tre ytterligare punkterna överstiger $100 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ ska mätningen fortsätta enligt plan.

För att det ska anses bekräftat att TOF sannolikt förekommer på ett båtskrov räcker det att totalt sett två punkter ger utslag på halter över riktvärdet, exempelvis i den ursprungliga mätpunkten samt i en av de tre extra mätningarna eller två av de ursprungliga åtta punkterna. Inga ytterligare mätningar behöver då göras. Båten får inte användas innan TOF har omhändertagits. Transportstyrelsen har tagit fram en rekommendation för sanering¹³.

5.1.3 Osäkerheter vid provtagning och analys med XRF

En utmaning vid mätning med ett XRF-instrument är att då flera lager färg är påmålade på skrovet kan grundämnena i de överliggande färglagren absorbera en del av tennets signal och hindra den från att nå detektorn. Således avgör både mängden och typen av färg som målats ovanpå (främst innehållet av tyngre grundämnen) hur stor effekten på signalen blir. Gemensamt för all övermålning är att det leder till en underskattning av tennhalten. Att tennhalten i ett underliggande färglager kan underskattas är därför en inneboende begränsning med metoden.

När det kommer till att mäta tennhalter på ett skrov med XRF är det dock inte avgörande för metodens syfte att den exakta och riktiga tennhalten uppmäts utan metodens syfte är att identifiera båtar med tennhalter som kan anses avvika från bakgrundshalter så pass mycket att de ger en indikation på

¹³ www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/sjofart/dokument/fritidsbatar1/miljo/rekommendation-sanering-batbotten-jan2022.pdf

att TOF förekommer. För att säkerställa att XRF-mätningen visar förekomst av TOF och inte förekomst av tenn som orenhet i dagens tillåtna färger har riktvärdet för fartyg och fritidsbåtar satts till 100 µg Sn/cm² samt att riktvärdet ska överskridas i två punkter. Över detta riktvärde anses sannolikheten vara mycket hög att TOF förekommer i färgskikten. Riktvärdet ska användas för utvärdering av enskilda mätvärden och inte som ett medelvärde från flera mätningar.

5.2 Skrapprov med kemisk analys

Kemisk analys av TOF ska ske på färgskrap som samlas från åtta punkter jämnt fördelade över skrovet och placerade en bit nedanför vattenlinjen. Metoden har hög precision och kan identifiera och kvantifiera specifika tennorganiska föreningar över kvantifieringsgränsen 100 mg/kg.

För att få ett representativt skrapprov är det viktigt att det skrapas lika mycket från alla färglager och att även de understa lagren skrapas av. Eftersom färger innehållande TOF oftast har målats över flertalet gånger kan en ojämn skrapning innebära en risk att TOF-halten underskattas.

Mätning bör ske enligt Handboken för skrapning och analys av båtbottnfärger – Kemisk analys för identifiering av båtar med förbjuden tennorganisk färg på skrovet, i bilaga 2.

För att provet ska bli representativt är följande punkter viktiga:

- Färg ska skrapas på en kvadratisk yta motsvarande ca 4*4 cm i de åtta punkterna.
- Skrapningen ska genomföras under sådana yttre omständigheter att det inte finns risk att delar av de avskrapade flagorna blåser bort för då blir provet inte längre representativt.
- Det är viktigt att skrapa så att alla färglager kommer med och alla punkter bör skrapas av samma person så att det görs på samma sätt.
- Personen som utför skrapningen bör använda lämplig personlig skyddsutrustning.
- Färgskrapet från alla åtta punkter läggs ihop till ett samlingsprov som sedan skickas på analys.

I den bakomliggande studien för framtagandet av analysmetoden analyserades skrapproverna för sju olika tennorganiska föreningar; MBT, DBT, TBT, TTBt, MPhT, DPhT och TPhT. Vad som kunde ses i resultaten var dock att det räcker med att analysera TBT och TPhT för att säkerställa huruvida TOF finns på skrovet.

Vid tolkning av analysresultatet ska bedömning göras utifrån minst TBT och TPhT. Om någon av dessa förekommer i halter över kvantifieringsgränsen (>100 mg/kg) innebär det en konstaterad förekomst

av TOF på skrovet. Båten får inte användas innan TOF har omhändertagits. Transportstyrelsen har tagit fram en rekommendation för sanering¹⁴.

Om halterna ligger under kvantifieringsgränsen behöver ingen sanering göras.

5.2.1 Osäkerheter vid provtagning och analys av färgskrap

Den största osäkerheten med metoden är relaterad till hur skrapningen genomförs, om skrapproven inte är representativa eller om de understa lagren inte ingår i skrapprovet så är det risk att TOF-halten underskattas.

6 Jämförelse mellan XRF-mätning och skrapprov med kemisk analys

6.1.1 Jämförelse av metodernas osäkerheter

De två metoderna XRF-mätning och skrapprov med kemisk analys skiljer sig väsentligt åt i tillvägagångssätt och är därför förknippade med olika typer av osäkerheter. För att minimera osäkerheterna är det viktigt att handboken för respektive metod följs noggrant.

Den kemiska analysen är mycket känslig vilket gör att även små mängder TOF (> 0.01 vikt%) kan detekteras. Osäkerheten för denna metod är kopplad till skrapningen eftersom detta moment avgör om, eller hur mycket av, ett eventuellt inre färglager med tennorganisk färg som kommer med i avskrapet. Den höga känsligheten vid den kemiska analysen innebär att analys av ett samlingsprov anses fullgott.

Vid XRF-mätning är det istället detektion som kan vara utmanande. Detta beror på att eventuella skikt av tennorganisk färg ofta är övermålade med andra färger, hur stora restmängder av en tennorganisk färg som finns kvar på skrovet samt att själva mätpunkten är liten. Tjocka lager med övermålad färg kan minska möjligheten att detektera förhöjda tennhalter på grund av absorptionseffekter. Mätningarna kan med fördel göras på områden där undre färglager är synliga. För att minska risken för att befintlig TOF inte upptäcks vid XRF-mätning ska bedömning göras på de enskilda mätpunkterna och inte utifrån medelvärdet från alla mätningar.

¹⁴ www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/sjofart/dokument/fritidsbatar1/miljo/rekommendation-sanering-batbotten-jan2022.pdf

Tabell 2. Jämförelse mellan kemisk analys av färgskrap och XRF-analys på ett skrov. Uppgifterna i tabellen kommer från de två studierna *Kvalitetssäkring av XRF-mätningar av tenn på fritidsbåtar* samt *Tennorganiska föreningar i färgavskrap från fritidsbåtar*.

	Kemisk analys av färgflagor	XRF-analys av skrov
Typ av analys	Direkt Mätning av tennorganiska föreningar	Indirekt Mätning av tenn som en indirekt mätning för tennorganiska föreningar
Analyter	Tennorganiska föreningar, soppar (Cu), zink (Zn), bly (Pb)	Tenn (Sn), koppar (Cu), zink (Zn), bly (Pb).
Provtagningspåverkan på skrov	Ja Skrapning av färg i flera provpunkter ger påverkan på skrov	Nej Mätning direkt på skrovet med icke-destruktiv analysteknik
Antal provpunkter på skrovet	8 Inskickning av ett samlingsprov	8 Analys i 8 enskilda punkter
Tidsåtgång	12-14 dagar Från skrapning till analysresultat	Ca 5-10 minuter Gäller enbart tiden för mätning av den enskilda båten, inkluderar ej utbildning i att använda XRF-instrumentet.
Tillgänglighet	Mycket god. Alla har möjlighet att skrapa och skicka in ett prov.	God Kräver tillgång till ett XRF-instrument med applikation för båtskrov och kännedom om hur den används
Kostnad per båt baserat på vilka kostnader som gällde vid genomförandet av de studier från 2023 som utgör grunden för detta dokument.	Ca 3500 sek Kostnaden är uppskattad av analysföretaget som deltog i studien. Den inkluderar analys av de sju tennorganiska föreningar som ingick i studien. Kostnaden innefattar inte återställning av färgskiktet på skrovet eller arbetsinsats.	Svenska Båttunionen: 250 sek Gäller vid uthyrning till Svenska Båttunionens medlemsklubbar där mätning utförs av internt utbildade och certifierade mätförrättare. Västerås stad: 0 eller 500 sek Gratis mätning har erbjudits alla som hur båtplats av staden. Annars är kostnaden 500 kr/båt. Happy Boat AB: 400-1000 sek Priset varierar med antalet båtar från 400 kr (fler än 100 båtar) till 1000 kr (färre än 5 båtar) per båt. Till priset tillkommer inställesekostnad (1200 kr plus moms) samt resekostnad för mätkonsulten.

6.1.2 Jämförelse mellan metodernas kostnader och praktiska genomförande

De olika metoderna har olika fördelar och nackdelar utifrån vilka båtar som ska mätas. XRF-metoden kräver ett specifikt instrument med korrekt kalibrering och en utbildad person som genomför mätningarna, därför kan den metoden vara lämplig att använda då ett flertal båtar som ska mätas vid samma tillfälle. Kostnaden kan delas och därigenom bli lägre för varje båt än vid skrapprov. Mätningen går fort och resultatet fås direkt.

Skrapprov kan utföras av båtägaren själv och är därför tillgänglig för alla oavsett var båten ligger. Dock måste provet skickas till ett laboratorium för analys och resultatet kommer senare. Metoden används med fördel då enstaka båtar ska mätas.

Vid skrapprov detekteras TOF över kvantifieringsgränsen 100 mg/kg. Vid XRF-skanning mäts tenn och om halten överstiger riktvärdet på 100 µg/cm² så bedöms det sannolikt finnas TOF på skrovet. De två metoderna ger värden i olika enheter och värdena är således inte jämförbara.

7 Diskussion

7.1 Partiell sanering

Om en båt någon gång under sin livslängd har varit målad med en färg innehållande TOF är det osannolikt att det endast finns TOF kvar på bara ett område på skrovet. Då TOF konstateras med hjälp av XRF-mätning i bara en mätpunkt (samt i någon av de tre kontrollpunkterna runt originalpunkten) kan det inte uteslutas att det finns TOF även på andra delar av skrovet. Skillnaden i utslag kan exempelvis bero på att färglagren har slitits ojämnt, båtägaren har slipat vissa delar av skrovet eller att påmålningen av färg innehållandes TOF har varit ojämn. XRF-mätning har en hög precision, dock kan alltför tjocka övermålningar av färg hindra att TOF detekteras över riktvärdet på 100 µg/cm².

I undantagsfall, då TOF bara har detekteras på ett särskilt avgränsat område såsom roder eller akterspegel, kan det finnas en önskan från båtägaren att inte sanera hela skrovet utan att göra en partiell sanering av det avgränsade området. För att vara säker på att det inte finns TOF på övriga skrovet bör en extra mätomgång med ytterligare åtta mätpunkter jämnt fördelade över skrovet genomföras. Om den extra mätomgången återigen endast påvisar TOF på samma avgränsade område (t.ex. roder eller akterspegel) skulle det kunna vara aktuellt med en partiell sanering.

7.2 Oorganiskt tenn som påverkar TOF-halten

Riktvärdet på 100 µg Sn/cm² är satt för att säkerställa att en XRF-mätning visar förekomst av TOF och inte förekomst av tenn som orenhet i andra tillåtna båtbottnfärger. Enligt branschföretag har det i sällsynta fall förekommit att XRF-instrumentet gett utslag över riktvärdet trots att båtägaren insisterat på att båten aldrig har varit målad med färg innehållandes TOF. En väg framåt i en sådan situation kan då vara att man skrapar av lite färg och mäter igen i samma punkt. Skrapandet ska inte göras hela vägen ner till skrovet, utan bara för att ta bort det yttersta lagret/lagren. Om tennhalten minskar så betyder det att kopparfärgen sannolikt var källan till utslaget. Om tennhalten däremot ökar är det en trolig indikation på att TOF finns i de undre färglagren.

7.3 Kemisk analys av färre ämnen

Vad gäller den kemiska analysen kopplat till skrapprov har det efter handböckernas färdigställande uppkommit en diskussion huruvida det är nödvändigt att analysera alla sju tennorganiska föreningar som anges i handboken. I studien framgår det att TBT och TPhT alltid förekommer vid förekomst av någon av de andra tennorganiska föreningarna. Därför är det tillräckligt att analysera TBT och TPhT för att säkerställa förekomst av TOF. En sådan analys tar kortare tid och kan vara mindre kostsam än att analysera för sju tennorganiska föreningar vilket gjordes i den bakomliggande studien för framtagandet av handboken.

7.4 Användning av spärrfärg

Enligt ett regeringsbeslut den 8 december 2022 (I2021/02778) fastslås att om gamla lager med färg innehållande TOF återfinns på en båt, måste båtägaren själv kunna bevisa att TOF inte läcker ut till den marina miljön. Övermålning med nya färglager båtbottnfärg ansågs inte vara nog skydd, enligt beslutet. Högsta Förvaltningsdomstolen fann i domen om rättsprövning den 20 juni 2023 att regeringens beslut inte stred mot någon rättsregel (mål nr 1273-23). Spärrfärger bedöms av miljöförvaltningen i bland annat Stockholms och Göteborgs stad som otillräckliga för att uppfylla kraven i AFS-konventionen.

8 Slutsatser och rekommendationer

Transportstyrelsen står bakom det föreslagna riktvärdet 100 µg Sn/cm² för XRF-mätning.

Transportstyrelsens kan utifrån sin roll som tillsynsmyndighet över AFS-förordningen rekommendera metoderna XRF-mätning och skrapprov med kemisk analys för att identifiera TOF på båtskrov. De två bilagda handböckerna ska följas för att säkerställa att detektion och mätning av TOF sker på ett sätt som är tillförlitligt. Transportstyrelsen anser att det är möjligt att göra avvikelser från handböckernas förfarande inom följande områden:

XRF-mätning

- Då XRF-mätningen gett utslag över riktvärdet på totalt sett två punkter så bör det anses bekräftat att TOF förekommer och inga ytterligare mätningar behöver då göras.
- I fall då TOF bara har detekteras på ett särskilt avgränsat område såsom roder eller akterspegel skulle det kunna vara aktuellt med partiell sanering av dessa områden. Då ska en extra mätomgång med ytterligare åtta mätpunkter genomföras och TOF påvisas på samma avgränsade område.

- I fall där man misstänker att det är oorganiskt tenn som ger utslag så bör skrapprov göras för att säkerställa om det är TOF.

Skrapprov med kemisk analys

- I den kemiska analysen räcker det att analysera TBT och TPhT för att säkerställa om TOF finns på skrovet.

9 Förvaltning

Denna kompletterande upplysning förvaltas av sektionen för miljö.

Vid ytterligare frågor kontakta Transportstyrelsen

miljo@transportstyrelsen.se

10 Referenser

Kvalitetssäkring av XRF-mätningar av tenn på fritidsbåtar - För en harmoniserad och likvärdig bedömning av tennhalter på fritidsbåtar, Chalmers tekniska högskola, Maria Lagerström, Erik Ytreberg, Jessica Näsström, 2023.

Förekomst av förbjuden tennfärg på fartygs- och fritidsbåtsskrov – utveckling av XRF-metod för mätning av tenn & förslag på riktvärde, Chalmers Tekniska Högskola och Stockholms Universitet, Maria Lagerström, Erik Ytreberg, Daniel Yngsell, Britta Eklund, 2017.

Tennorganiska föreningar i färgavskrap från fritidsbåtar - Provtagning, kemisk analys och bedömning av resultat, Chalmers tekniska högskola, Amanda T. Nylund & Maria Lagerström, 2024.

Rekommendationer till båtägare, båtklubbar och andra verksamhetsutövare: Sanering av bottenfärg som innehåller TBT eller andra farliga ämnen från fritidsbåtsskrov, TSS 2021-3499, Transportstyrelsen Sjö- och luftfartsavdelningen, Lindell Annika, Petersson Lina, 2021.

Åtgärdsfaktablad 17 - Farliga ämnen, ÅPH 17 (2015, Modifierad 2021); Naturvårdsverket, Transportstyrelsen.

Bilagor*Bilaga 1*

XRF-mätning för identifiering av båtar med förbjuden tennorganisk färg på skrovet - Handbok för utförande och bedömning av mätningar

Bilaga 2

Kemisk analys för identifiering av båtar med förbjuden tennorganisk färg på skrovet - Handbok för skrapning och analys av båtbottnfärger.

Bilaga 1

XRF - mätning för identifiering av båtar med förbjuden
tennorganisk färg på skrovet - Handbok för utförande
och bedömning av mätningar

XRF-mätning för identifiering av båtar med förbjuden tennorganisk färg på skrovet

- Handbok för utförande och bedömning av mätningar



Bakgrund

Tennorganiska föreningar såsom tributyltenn (TBT) är, på grund av sina mycket giftiga egenskaper mot vattenlevande organismer, inte tillåtna att användas i båtbottnfärger för fritidsbåtar i Sverige sedan 1989. Trots att dessa färger varit förbjudna i över tre decennier påträffas fortfarande tennorganiska föreningar på båtskrov och riskerar därmed att spridas till naturen.

Mätning av tenn på båtskrov med handhållna XRF-instrument är ett effektivt sätt att screena båtar för förekomst av förbjuden tennfärg. Mätmetoden är snabb och gör ingen åverkan på skrov eller färgyta.

Den här handboken är framtagen för att harmonisera mätning och bedömning av tennhalter på båtskrov med XRF och vänder sig till utövare av XRF-mätningar och tillsynsmyndigheter.

Handboken är indelad i 3 delar (Teknik, Mätning och Bedömning) och beskriver det viktigaste att beakta vid de olika momenten (**Figur 1**). Bedömningen är avgränsad till att avgöra om XRF-mätningar indikerar att tennorganiska föreningar förekommer eller inte förekommer någonstans på skrovet. Handboken tar inte upp om eller hur denna bedömning ska ligga till grund för eventuella åtgärder.

En mer utförlig beskrivning och redovisning av hur rekommendationerna tagits fram finns att läsa i rapporten *"Kvalitetssäkring av XRF-mätningar av tenn på fritidsbåtar - För en harmoniserad och likvärdig bedömning av tennhalter på fritidsbåtar"*.



Figur 1 Schematisk översikt av förfarandet vid XRF-mätning och bedömning av tennhalter på fritidsbåtsskrov.

1 Teknik

Denna del behandlar det som är viktigast att ta hänsyn till när det kommer till XRF-utrustningen som används vid mätning. Utöver de tekniska kraven listade nedan rekommenderas även att den som mäter med XRF bör ha genomgått träning eller kurs i mättekniken, särskilt för att vara medveten om aspekter relaterade till strålskyddssäkerhet.

Röntgenrör på 50 kV

För att kunna detektera tenn med lägsta möjliga detektionsgräns och så djupt ner i färglagren som möjligt bör instrumentets röntgenrör ha en spänningsskapacitet på 50kV. Resultat från ett instrument med lägre spänningsskapacitet (exempelvis 40 kV) är inte likvärdiga och bör därför inte användas. Instrument med röntgenrör på 50kV är alltid utrustade med ett blyhölje, antingen inbyggt i instrumentet eller som ett separat tillbehör som fästs på instrumentet. Följ tillverkarens rekommendationer för strålskyddssäkerhet vid mätning.

Lämplig kalibrering

Handhållna XRF-instrument är utrustade med olika så kallade "applikationer".

Applikationerna är specifika för en särskild typ av prov. För mätning av tenn på båtar ska en applikation som är lämplig för mätning av tenn i färg användas. Instrumentet ska ha ett intyg på att applikationens kalibrering blivit kvalitetssäkrad för mätning av tenn i färg. Korrigering av mätresultat bör utföras om detta rekommenderas i intyget. För att möjliggöra jämförelse mot det föreslagna riktvärdet (se del 3) bör resultaten erhållas i mätenheten $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.

Lämplig mättid

En för kort mättid kan ge osäkra resultat. Används mättider under de som är rekommenderade av instrumentets tillverkare är det viktigt att relevanta tester utförts för att säkerställa att mätningen håller lika god kvalitet (precision). Samma mättid bör användas vid alla mätningar.



2

Mätning

Här beskrivs hur mätning på båtar uppställda på land ska gå till och vad som är viktigt att tänka på innan mätningarna utförs.

Mät endast på den typ av skrov som kalibreringen tillåter

Mätningar bör endast ske på den typ av skrov som instrumentets applikation avser, för att undvika missvisande resultat. Vissa instrument har applikationer som kan mäta på alla slags skrov (plast, trä och metall), medan andra endast är lämpliga för ett visst skrovmaterial.

Mät på kontrollprov

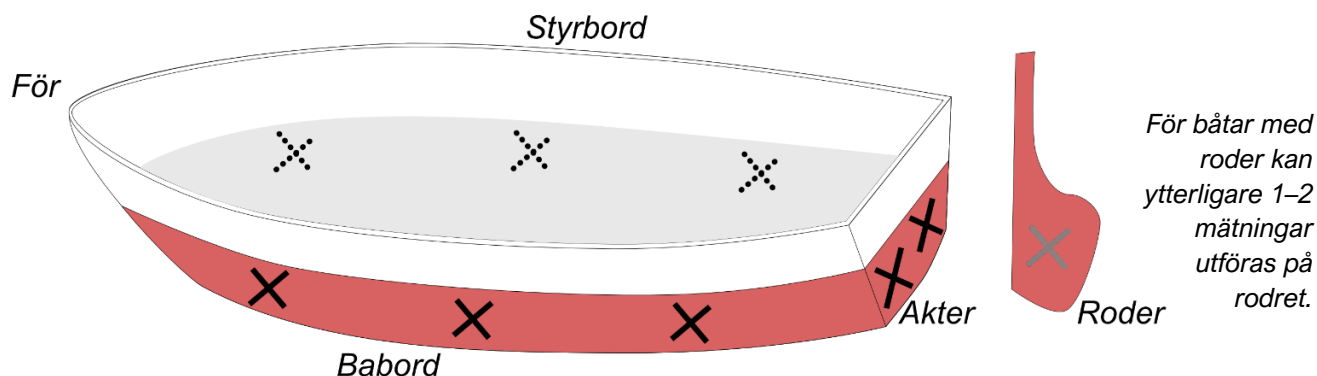
XRF-mätningarnas kvalitet bör säkerställas genom mätning av kontrollprov, d v s prov med fastställd tennhalt. Dessa mäts kontinuerligt för att verifiera instrumentets prestanda över tid. Mätning av kontrollprov bör utföras innan mätningarna påbörjas och när samtliga analyser för dagen är utförda.

Mät i 8 punkter på skrovet

Mätning ska ske i åtta punkter på skrovet med fyra mätningar på styrbord respektive babord sida (**Figur 2**). Punkterna bör vara jämnt fördelade längs sidorna och placerade en bit nedanför vattenlinjen. För båtar med akterspegel mäts tre punkter på vardera sida, samt två punkter på akterspegeln.

Har båten ett roder kan ytterligare (1–2) mätpunkter placeras där, men endast om rodrets material är kompatibelt med applikationens kalibrering. Inga mätningar bör utföras på kölen. En inledande mätning på fribord kan utföras för att kontrollera eventuell bakgrundshalt.

Det är rekommenderat att mätning i de olika punkterna utförs i samma ordning på alla båtar som undersöks. Tjocka färglager minskar instrumentets möjlighet att detektera tennsignalen från eventuell underliggande tennorganisk färg. Punkterna kan därför med fördel placeras där undre färglager är synliga.



Figur 2 Rekommendation för placering av de åtta mätpunkterna.

3

Bedömning

Halter uppmätta i åtta punkter används för att göra en samlad bedömning av skrovet. Här avser bedömningen svara på följande fråga: visar XRF-mätningarna indikation på att tennorganiska föreningar förekommer *någonstans* på skrovet?

Tillämpning av föreslagna riktvärdet

Det föreslagna riktvärdet för XRF-mätning av tenn på $>100 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ är framtaget för att indikera om tennorganiska föreningar finns i den aktuella mätpunkten. Riktvärdet bör därför inte användas för bedömning av ett beräknat medelvärde.

Bedöm varje enskild punkt

I vardera av de åtta punkterna, ska den uppmätta halten direkt jämföras mot det föreslagna riktvärdet för tenn. Om halten i punkten överstiger $100 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ ska ytterligare tre mätningar utföras innan man går vidare till nästa punkt på skrovet. De extra mätningarna ska göras inom en radie på 10 cm från den ursprungliga punkten.

Överskridning av det föreslagna riktvärdet i punkten anses ha bekräftats om åtminstone en av dessa tre extra mätningar uppvisar halter över $100 \mu\text{g}/\text{cm}^2$. Om ingen av de extra mätningarna överstiger $100 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ anses överskridning inte ha bekräftats i den aktuella punkten.

Utför en samlad bedömning

Baserat på de enskilda bedömningarna av de åtta punkterna görs en samlad bedömning på följande vis (**Figur 3**):

- o Om överskridning av det föreslagna riktvärdet bekräftats i någon av de åtta punkterna har en indikation på att tennorganiska föreningar förekommer kunnat påvisas.
- o Om överskridning av det föreslagna riktvärdet varken uppmätts eller bekräftats i någon av de åtta punkterna har ingen indikation på att tennorganiska föreningar förekommer kunnat styrkas.



Figur 3 Beslutsdiagram för samlad bedömning av XRF-uppmätta tennhalter på ett skrov.

Denna handbok är framtagen som en del av projektet ”Kvalitetssäkring av XRF-mätningar av tenn på fritidsbåtar”, finansierat av Havs- och vattenmyndigheten (Dnr 2860–22).

En mer utförlig beskrivning och redovisning av hur rekommendationerna tagits fram finns att läsa i rapporten ”Kvalitetssäkring av XRF-mätningar av tenn på fritidsbåtar - För en harmoniserad och likvärdig bedömning av tennhalter på fritidsbåtar”. Rapportförfattarna ansvarar för innehållet och slutsatserna i rapporten. Rapportens innehåll innebär inte något ställningstagande från Havs- och vattenmyndighetens sida.



CHALMERS

Chalmers Tekniska Högskola 2023
Jessica Näsström, Maria Lagerström, Erik Ytreberg

Bilaga 2

Kemisk analys för identifiering av båtar med förbjuden
tennorganisk färg på skrovet - Handbok för skrapning
och analys av båtbottnfärger

Kemisk analys för identifiering av båtar med förbjuden tennorganisk färg på skrovet

- *Handbok för skrapning och analys av båtbottnfärger*



Bakgrund

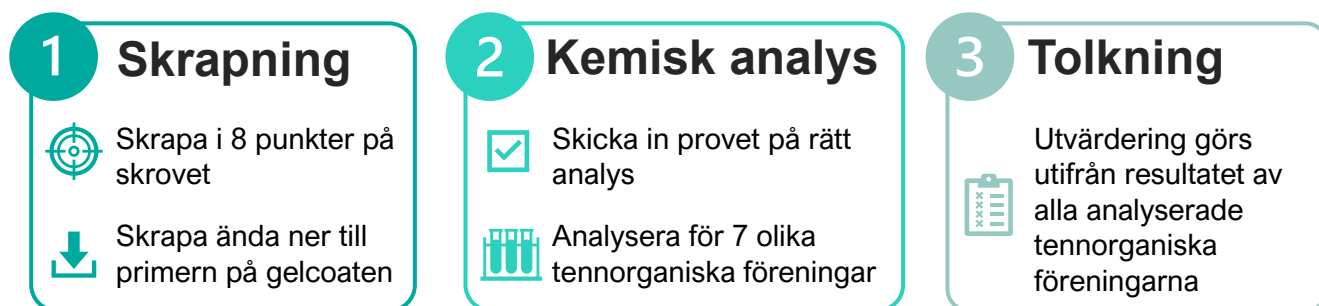
Tennorganiska föreningar är mycket giftiga för vattenlevande organismer och är sedan 1989 otillåtna att använda i båtbottnfärger för fritidsbåtar. Ofta nämns endast föreningen tributyltenn (TBT), men förbudet innefattar alla tennorganiska föreningar. Trots det långvariga förbudet är föreningar som TBT och trifenylyltenn fortfarande vanliga på båtskrov och riskerar därför att spridas till naturen. När tennorganiska föreningar väl släppts ut blir de ofta kvar länge och i svenska vatten är koncentrationerna fortfarande så höga att de utgör en risk för miljön. Föreningarna är hormonstörande och påverkar t ex ostron och olika arter av snäckor så att de inte kan föröka sig. Negativa effekter har även observerats hos fiskar och däggdjur.

För att halten av tennorganiska föreningar i havsmiljön ska minska, måste nytillförseln stoppas. En viktig del i det arbetet är att kunna identifiera de fritidsbåtar som fortfarande har färger innehållande tennorganiska föreningar på sitt skrov.

Den här handboken beskriver hur kemisk analys av färgflagor kan användas för att bedöma förekomst av tennorganiska föreningar på båtskrov och vänder sig till fritidsbåtagare och tillsynsmyndigheter.

Handboken är indelad i 3 delar (Skrapning, Kemisk analys och Tolkning) och beskriver kortfattat de olika stegen från provtagning till analysresultat (**Figur 1**). Tolkningen är avgränsad till att avgöra om tennorganiska föreningar förekommer eller inte i det analyserade skrapprovet. Handboken tar inte upp om eller hur denna bedömning ska ligga till grund för eventuella åtgärder.

En utförlig beskrivning av de olika stegen och analyserna som ligger till grund för rekommendationerna i handboken finns att läsa i rapporten *"Tennorganiska föreningar i färgavskrap från fritidsbåtar - Provtagning, kemisk analys och bedömning av resultat"*.



Figur 1 Schematisk översikt av förfarandet vid provtagning, kemisk analys och tolkning av analysresultat av tennorganiska föreningar i färgavskrap från fritidsbåtsskrov.

1 Skrapning

Denna del beskriver hur skrapningen av skrovet ska genomföras för att få ett så representativt prov som möjligt.

Redskap och material

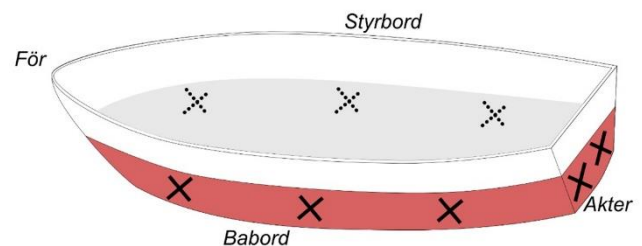
Till skrapningen behövs en vass färgskrapa, en behållare för att samla upp avskrapet (t ex en hink eller plastpåse) och en förslutningsbar plastpåse. Provtagning bör ske under vindstilla förhållanden för att underlätta insamlingen av provet och förhindra att färgavskrap sprids med vinden till miljön. Personen som utför skrapningen bör även använda lämplig personlig skyddsutrustning.

Skrapa i 8 punkter på skrovet

Skrapa av färgmaterial från en yta motsvarande ca 4 x 4 centimeter i åtta olika punkter på skrovet, med fyra punkter på styrbord respektive babord sida. Punkterna bör vara jämnt fördelade längs sidorna och placerade en bit nedanför vattenlinjen. För båtar med akterspegel mäts tre punkter på vardera sida, samt två punkter på akterspegeln (**Figur 2**). Efter skrapning förs färgflagorna över till en förslutningsbar plastpåse som skickas på analys. Till analysen behövs ungefär tio gram prov, vilket motsvarar ungefär två teskedar färgflagor.

Viktigt att skrapa ända ner

Det är viktigt att skrapa så att alla färglager på båten kommer med (ända ner till primern ovanpå gelcoaten), då det oftast är de äldsta lagren som kan innehålla tennorganiska föreningar. Skrapa som en kvadrat och inte som en kon (se **Figur 3**), så att det blir så jämt skrapat som möjligt från alla färglager.



Figur 2 Rekommendation för placering av de åtta skrappunkterna.



Figur 3 En korrekt skrapning når hela vägen ned till primern på gelcoaten (vit streckad linje), med en jämn skrapning från alla färglager.

2 Kemisk analys

Denna del beskriver vilken kemisk analys som skrapprovet skall skickas in på och vilka tennorganiska föreningar som inkluderas i analysen.

Skicka in provet på rätt analys

Det är viktigt att analysen är utvecklad för just färgflagor, då resultatet annars kan bli missvisande. I februari 2024 var ALS Scandinavia AB det enda kommersiella laboratorium i Sverige som erbjuder analys av tennorganiska föreningar i färgflagor. Samlingsprovet från de 8 skrapade punkterna märks och skickas in enligt laboratoriets anvisningar.

Analyserade tennorganiska föreningar

De tennorganiska föreningar som ingår i den kemiska analysen är listade i **Tabell 1**. Samtliga sju föreningarna har förekommit i båtbottenfärger där tennorganiska föreningar har tillsatts som biocid och ingen av dem får förekomma på båtskrov.

Kvantifieringsgräns

För varje prov bestäms halten (uttryckt i mg/kg) för de tennorganiska föreningar som överstiger kvantifieringsgränsen för analysen. Kvantifieringsgränsen är den halt över vilken den kemiska analysen med säkerhet kan både detektera och bestämma halten av en förening i färgprovet. Vid standardförfarandet av analysen hos ALS Scandinavia AB ligger kvantifieringsgränsen på 100 mg/kg för vardera av de sju föreningarna.

Om analysresultatet för en förening har hamnat under kvantifieringsgränsen innebär det att föreningen förekommer i så låga halter att den analysmetodik som använts inte med säkerhet kan kvantifiera den. Att en tennorganisk förening inte har kunnat kvantifieras betyder således inte att den inte förekommer i provet, utan endast att den inte med säkerhet går att kvantifiera.

Tabell 1 Lista på de sju tennorganiska föreningar som ingår i den kemiska analysen.

Fullständigt namn	Förkortning
Monobutyltenn	MBT
Dibutyltenn	DBT
Tributyltenn	TBT
Tetrabutyltenn	TTBT
Monofenyltenn	MPhT
Difenyltenn	DPhT
Trifenyltenn	TPhT

3

Tolkning

Denna del beskriver hur analysresultaten ska tolkas och vilken information som används för att svara på om den kemiska analysen kunnat visa på förekomst av tennorganiska föreningar i skrapprovet eller inte.

Analysresultatet

I analysresultatet kommer halterna för de 7 analyserade tennorganiska föreningar i **Tabell 1** att redovisas på olika sätt beroende på om de överstiger kvantifieringsgränsen eller inte.

För varje förening gäller följande:

- Vid halter under kvantifieringsgränsen anges halten endast som <100 mg/kg.
- Vid halter över kvantifieringsgränsen anges den uppskattade halten i mg/kg.

Utvärdera alla analyserade föreningar

Om någon av de 7 analyserade föreningarna har uppmätts i koncentrationer över kvantifieringsgränsen, d v s >100 mg/kg, innebär det en konstaterad förekomst av tennorganiska föreningar i provet (**Figur 4**). På motsatt vis kan förekomst inte konstateras om ingen förening förekommer i halter över kvantifieringsgränsen, d v s om samtliga är <100 mg/kg.

Har halter över kvantifieringsgränsen (>100 mg/kg) konstaterats för någon av de 7 analyserade tennorganiska föreningarna?

NEJ



Ingen förekomst av tennorganiska föreningar kan konstateras

JA



Förekomst av tennorganiska föreningar kan konstateras

Figur 4 Beslutsdiagram för utvärdering av uppmätta halter av tennorganiska föreningar i skrapprov från en fritidsbåt.

Denna handbok är framtagen som en del av projektet "Kemisk analys av tennorganiska föreningar på fritidsbåtar", finansierat av Havs- och vattenmyndigheten (Dnr 810–23). Handboken har tagits fram i dialog med Svenska Båtunionen och ALS Scandinavia.

En mer utförlig beskrivning och redovisning av hur rekommendationerna tagits fram finns att läsa i rapporten "*Tennorganiska föreningar i färgavskrap från fritidsbåtar - Provtagning, kemisk analys och bedömning av resultat*". Rapportförfattarna ansvarar för innehållet och slutsatserna i rapporten. Rapportens innehåll innebär inte något ställningstagande från Havs- och vattenmyndighetens sida.



CHALMERS

Chalmers Tekniska Högskola 2024
Amanda T. Nylund, Maria Lagerström