



Tillförlitlighet av XRF-mätningar på båtbottnar

Svenska Kryssarklubben, Göteborg

2022-03-25

Uppdragsnr: 415491
Dokumentnr: 13906-22

Namn: Per Ivarsson
Tel: 073 407 34 75
E-post: per.ivarsson@dge.se

Christer Gustafsson
073 417 10 90
christer.gustafsson@dge.se

Sammanfattning)

XRF-analys har föreslagits som metod för att bestämma om det förekommer höga halter av TBT på båtbottnar. Att använda enbart XRF-metodik för att besluta om sanering av båtbottnar är olämpligt med tanke på de stora variationerna av mätvärden på samma båt. Vidare är skärmningseffekten för tennsignalen stor när färgskikten är tjocka, (700–1000 μm). Det innebär att XRF-tekniken kan missa de båtar som verkligen behöver saneras. För äldre båtar verkar tenn i högre grad föreligga som metalliskt tenn och inte som giftig tributyltenn (TBT). En kemisk analys av ett skrapprov är betydligt säkrare och analysen är standardiserad.

Per Ivarsson

Christer Gustafsson

Innehållsförteckning

1	Inledning	3
2	Syfte.....	4
3	Genomförande.....	4
4	Resultat	7
4.1	Mätosäkerhet.....	7
4.2	Skärmning av mät-signalen från yttre färglager	7
4.3	Färglagertjocklekens betydelse	9
4.4	Målning av provplattor	11
4.5	Jämförelse mellan XRF och kemisk analys.....	12
5	Jämförelse mellan enheter för XRF-mätningar.....	15
6	Diskussion.....	15
6.1	Risken för falska negativa mätvärden	15
6.2	Risken för falska positiva resultat	16
6.3	Lämpligheten att använda XRF för att påvisa TBT i båtbottnfärg.....	16
6.4	Vilken enhet är bör användas för mätning med XRF?	17
7	Slutsatser.....	17
8	Referenser	18

Bilagor

Analysprotokoll från Eurofins och ALS Scandinavia

Versionsförteckning

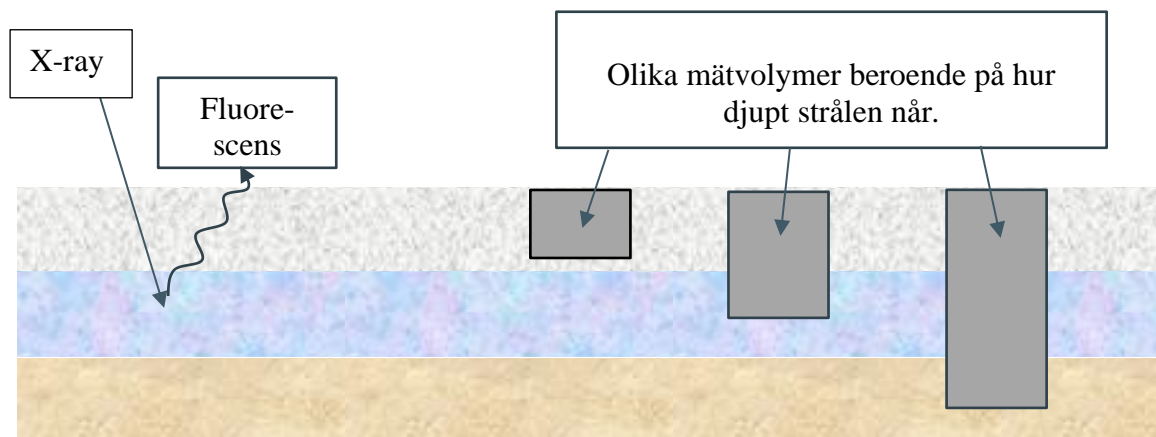
Nr	Datum	Kommentar
1	2022-03-22	Originalrapport

1 Inledning

För att undvika påväxt av havstulpaner, alger och mollusker på båtbottnar målar man dessa med en färg som hindrar påväxt. Tidigare innehöll denna färg ofta tributyltenn (TBT) men på grund av substansens starkt toxiska egenskaper när den läcker ut i vattnet - även vid låga halter - förbjöds denna 1989. Man ersatte då TBT med olika kopparföreningar i färgen (kopparoxid, koppartiocyanat, kopparpulver etc.). Man diskuterar för närvarande miljökonsekvenserna när dessa kopparföreningar läcker ut i vattenmassan. Toxiciteten och miljöeffekterna hos koppar är emellertid mycket lägre främst på grund av den låga biotillgängligheten särskilt i saltvatten och dessutom väl kartlagd. På en del gamla båtar kan dock TBT-färg finnas kvar i de innersta färglagren. Dessa båtar har över tid målats med flera lager kopparfärg. Det har antagits att båtar kan läcka TBT från de inre färglagren när båtarna ligger i vattnet, men vi har inte funnit några undersökningar som visar detta.

Idag används röntgenfluorescens (XRF), av vissa aktörer för att avgöra om ett båtskrov är målat med färg som innehåller tenn eller koppar (Ytreberg et al., 2015). Förekomst av tenn anses bero på att skrovet är målat med TBT-färg.

XRF har länge använts för att mäta sammansättningen av olika metallegeringar. En röntgenstråle skickas ner i materialet och den reflekterade fluorescenssignalen detekteras av instrumentet (figur 1).



Figur 1. Schematisk bild av hur XRF-mätning går till

Fluorescens-strålens våglängd är specifik för det grundämne som träffas av röntgenstrålen och intensiteten är proportionell mot hur mycket av det specifika grundämnet som finns i materialet. XRF-metodens noggrannhet vid analys av legeringar är ganska hög, inom några procent eller lägre beroende på förbehandlingen. Här polerar man ytan på metallstycket så att man får en mycket jämn yta att mäta på. Det handhållna XRF-instrumentet används också vid undersökningar av förorenad mark och fungerar som ett bra och enkelt screeninginstrument för att undersöka stora ytor och finna s.k. "hot spots" med högre halter av miljöfarliga metaller. Vid analys av jordprover blir mätosäkerheten mycket högre. Detta beror på jordens inhomogenitet och att höga halter av vissa ämnen kan påverka mätvärdet för andra ämnen. Därför verifieras alltid XRF-mätningarna av en ackrediterad kemisk analys innan några åtgärdsbeslut tas. XRF ger därför mer en indikation av höga halter än ett noggrant analysvärde.

Styrkan hos den reflekterade fluorescenssignalen i ett XRF-instrument beror av halten av ett eller flera grundämnen i provet. Instrumentet är vanligen kalibrerat för att ange halten av ett grundämne i provet uttryckt i parts per million (ppm). Halten kan också uttryckas i mg/kg vilket är samma sak som ppm eller i procent vid höga halter. För båtskrov har de som föreslagit XRF-metoden också föreslagit att mätresultaten ska uttryckas som ytätthet med enheten $\mu\text{g}/\text{cm}^2$. Detta är olyckligt vilket gör att mätvärden med den ena eller andra kalibreringen inte är jämförbara och inte heller enkla att räkna om eftersom formeln behöver uppgift på både yta och färgmängd (massa) på ytan (Ytreberg et al., 2017). Detta gör också att eventuella referensvärden inte heller blir jämförbara.

Ett handhållet XRF-instrument är relativt enkelt att använda och ett båtskrov kan karaktäriseras förhållandevis snabbt med mättider på 30–60 sekunder. Man detekterar då förekomst av grundämnen som tenn, koppar, zink och bly med flera men kan inte avgöra i vilken kemisk form som det detekterade grundämnet föreligger.

Eftersom ett XRF-instrument avger strålning får det inte användas hur som helst utan användaren måste ha utbildning i handhavande och risker samt tillstånd från strålsäkerhetsmyndigheten (enligt SSMFS 2018:2).

Metoden har blivit vanlig för att detektera metallförekomst i bottenfärgen på fritidsbåtar, särskilt tenn eftersom förekomst av tenn anses bero på att skrovet är målat med TBT-färg och därför kan behöva saneras.

Noggrannheten hos XRF-metoden för analys av metallförekomst på fritidsbåtar har inte undersökts tidigare. Erfarenheterna visar att mätresultat från olika delar av ett båtskrov skiljer sig en hel del. Det kan bero på att halten i färgen varierar över skrovet men det kan också bero på andra faktorer som form på båtskrovet, färgens tjocklek och homogenitet och förekomst av störande substanser samt mätosäkerhet hos XRF-analysen som metod och instrumentet vid mätning på plastskrov.

2 Syfte

Den här undersökningen syftar till att undersöka tillförlitligheten hos handhållen XRF för att detektera tenn och koppar på båtskrov samt hur flera ytliga lager koppar påverkar analysen av tenn med XRF.

3 Genomförande

Två olika XRF-instrument med olika kalibrering har använts vid mätningarna (figur 1). De flesta mätningarna har utförts med en Bruker Titan-X som var kalibrerad i ppm medan andra mätningar gjorts med en Thermo Niton XL3t som var kalibrerad i $\mu\text{g}/\text{cm}^2$. Vi har valt att utföra mätningar på verkliga båtar. De båtar som ingått i studien har lämnats in för skrotning på Marinskroten, Ringön, Göteborg. Fyra båtar identifierades med positiv signal för tenn med XRF-mätning. Provplattor (c:a 10 X 10 cm) sågades ut ur båtskrovet och togs med till laboratoriet för noggrannare analys.



Figur 2. De handhållna XRF-instrumenten som använts vid undersökningarna, Bruker Titan x till vänster kalibrerad i ppm och Thermo Niton XL3t till höger kalibrerad i $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.

För att få en uppfattning om hur mycket ytliga skikt med koppar skärmar av XRF-signalen från tenn i djupare liggande skikt gjordes ett försök där en förtent kabelsko mättes med avseende på tenn när ökande tjocklek av koppar-tejp lades mellan kabelskon och XRF-instrumentet (se 4.2).

I ytterligare ett försök målades två stålplåtar med TBT-färg (figur 3) som tejpats med olika skikt av kopparfolie: 100 μm , 200 μm , 300 μm (figur 4). På så sätt kunde färgskiktets tjocklek säkerställas med en plan-strykare och få jämna skikt på de målade ytorna mellan koppar-tejpen. Skiktmätning genomfördes sedan mellan varje målningsskikt upp till 3 lager med konventionell koppar bottenfärg. De målade skikten mättes på 3 ställen och ett medelvärde erhöles. Dessvärre var det svårt att få jämna målade skikt, beroende på färgens krympning vid torkning. Innehållet i färgen anses vara viktigare än tjockleken, även om sambandet finns mellan skiktjocklek och innehåll.



Figur 3 Den TBT-färg som användes i försöken (1-5% tenn bundet till polymer).



Figur 4 Försöksuppställning för målning av stålplatta med 100 μm färglagertjocklek definierade av koppartejpens tjocklek.

4 Resultat

4.1 Mätosäkerhet

Mätvärden vid upprepade mätningar på en och samma platta från olika båtar redovisas i tabell 1. Provplattor med TBT-färg övermålad med kopparfärg har också analyserats, se tabell 2.

Tabell 1. Resultaten från 10 olika XRF-mätningar på en yta av 100 cm² från fyra olika båtar. Resultaten redovisas som ppm (µg/g) För varje båt och ämne redovisas medelvärde samt relativ standardavvikelse (RSD) i procent av medelvärdet.

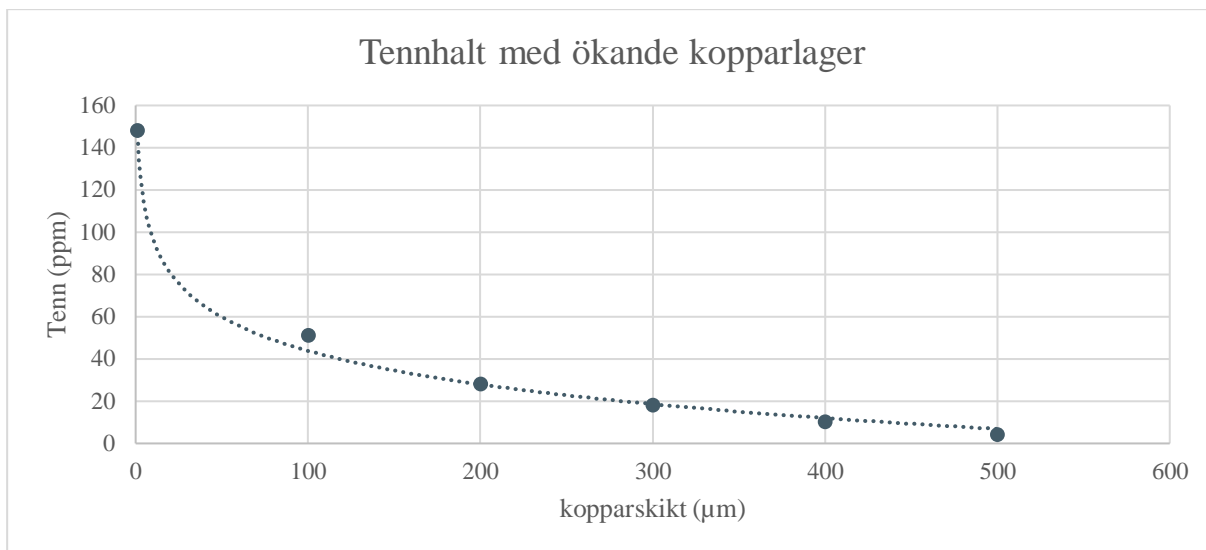
		Cu	Pb	Sn	Zn
Sirocco	medel	274 073	42	1 352	152 918
	RSD (%)	117	222	164	102
Parca	medel	64 417	202	1 988	13 070
	RSD (%)	118	98	111	134
Snipa	medel	739 564	936	4 608	109 458
	RSD (%)	47	83	124	259
Pyret	Medel	175 733	7 140	69 131	243 282
	%RSD	101	489	230	78

Trots att ytan var relativt liten så visar de höga relativa standardavvikelserna att mätvärdena varierar väldigt mycket för varje provplatta (dvs båt). För tenn ligger RSD mellan 111 % och 230 %. Detta innebär att mätvärdena är mycket osäkra. Normalt accepterar inte ett ackrediterat laboratorium en RSD högre än 30 % eller i nödfall 40%. XRF-mätningar av metallegeringar ligger under 5 %.

Denna osäkerhet kan ha olika orsaker. Färgskiktet på varje platta kan ha halter som varierar över ytan vilket kan bero på varierande skiktjocklek eller varierande halt i skiktet eller båda. Instrumentet kan i sig självt ge upphov till en spridning som då beror på att mätmetoden inte är tillräckligt precis. Själva mätningen kan också vara förknippad med osäkerhet då närmast orsakad av hur instrumentet placeras på ytan och om ytans buktighet kan påverka. Faktum kvarstår att mätosäkerheten är mycket stor.

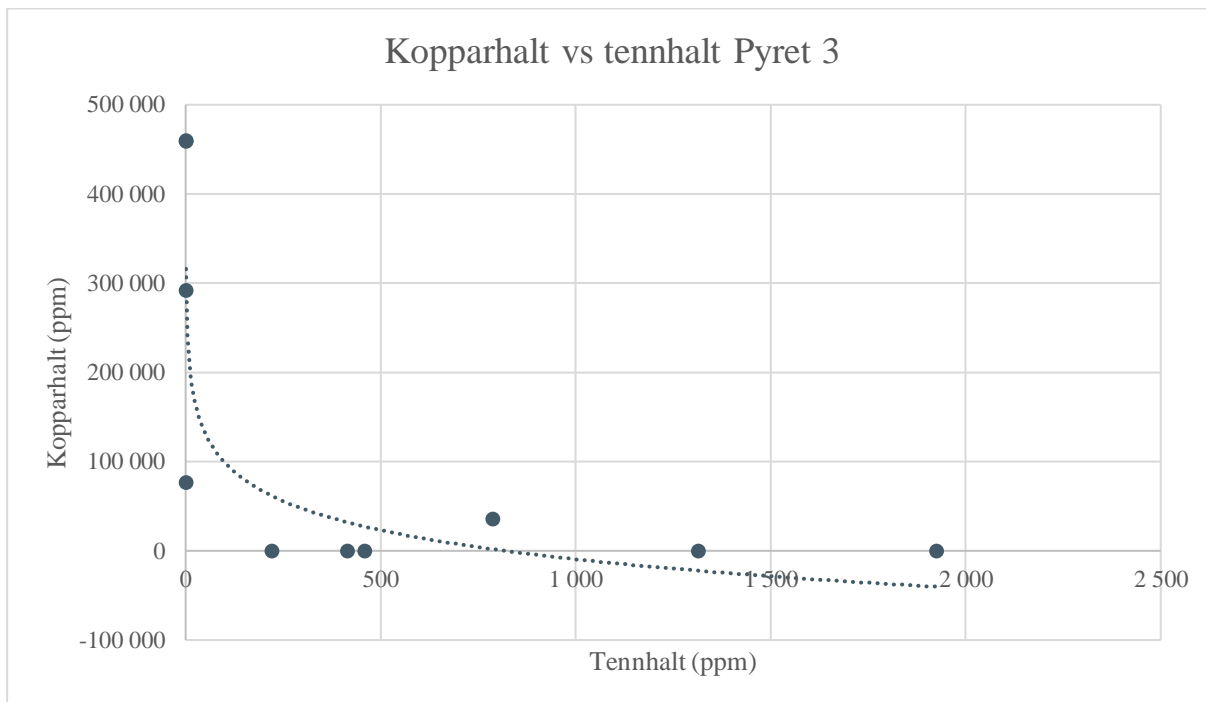
4.2 Skärmning av mät-signalen från yttre färglager

För att få en uppfattning om hur mycket ytliga skikt med koppar skärmar av XRF-signalen från tenn gjordes ett försök där en förtent kabelsko mättes med avseende på tenn när ökande tjocklek av koppartejp lades mellan kabelskon och XRF-instrumentet. Som framgår av figur 5 minskar tennsignalen dramatiskt med ökande lager koppar.



Figur 5. Mätning av tenn på en förtent kabelsko som täckts med flera lager av 100 µm koppartejp

I ett annat försök kunde sambandet mellan kopparhalt och tennhalt illustreras på samma sätt. Vi mätte tenn och koppar på en mycket ojämn skrovbit från "Pyret" och samma tendens som i figur 5 kunde observeras (Figur 6).



Figur 6. Samband mellan koppar och tenn vid XRF-mätningar på en utsågad provbit från en av de undersökta båtarna (Pyret)

Resultaten från undersökningen visar en stark reduktion av tennsignalen vid relativt tunna kopparlager. Redan vid 100 μm koppar är tennsignalen endast en tredjedel av den ursprungliga (se figur 5). När TBT-skiktet täcks av 500 μm kopparlager återstår bara 3 % av tennsignalen. Tidigare undersökningar har också visat att kopparfärg minskar tennsignalen (Lagerström *et al.* 2017) men där utgjorde signalreduktionen endast 28 % vid 300 μm färg. I våra försök har solid koppar använts vilket förmodligen skärmar mer än färg. Men det är intressant att notera situationen för en gammal båt, Pyret (Figur 6) där mätningarna utfördes på både tjocka och tunna färglager. Här är tennsignalen närmast helt utsläckt när kopparhalten är hög.

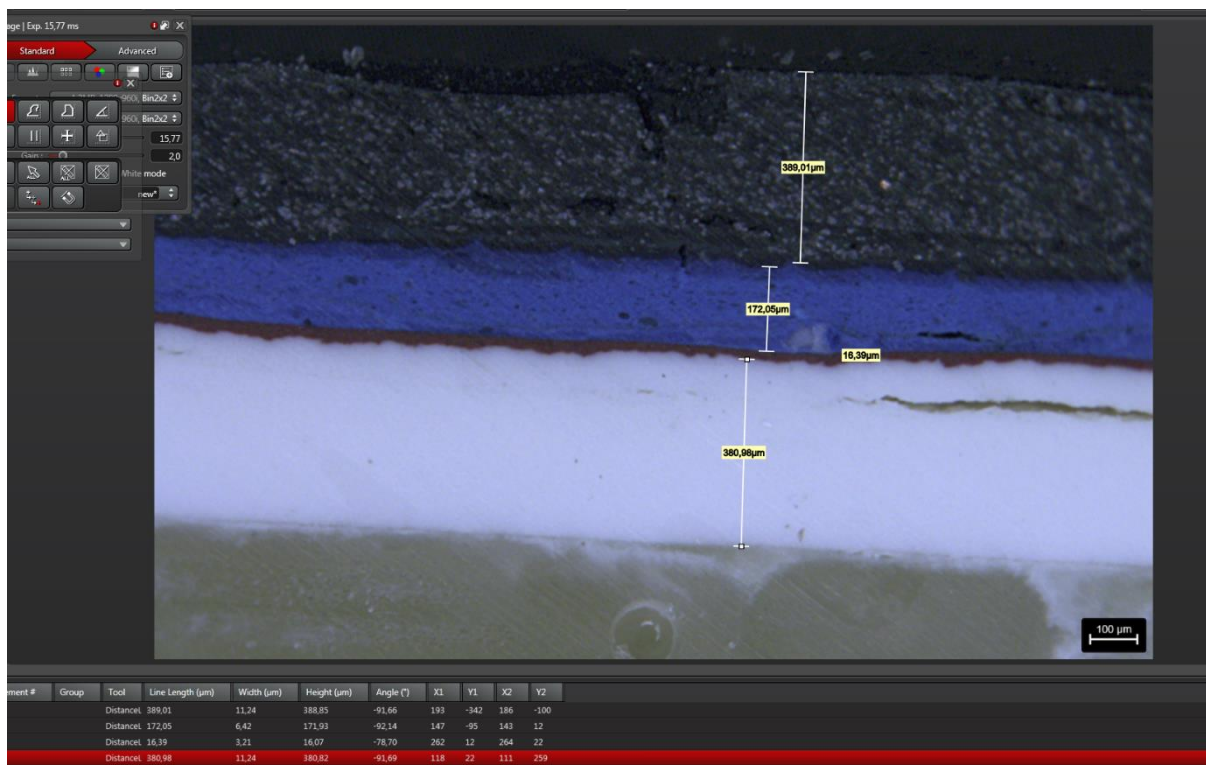
4.3 Färglagertjocklekens betydelse

Resultatet av att mäta förekomsten av TBT-färg på båtar verkar starkt påverkat av färglagrets tjocklek. Eftersom TBT-färg förbjöds 1989 och ägare av äldre båtar ofta målade över denna färg med godkänd kopparfärg har ofta båtar med tennfärg tjocka lager med färg innehållande koppar. Därför innebär ett tjockare lager av färg innehållande koppar att eventuell TBT i underliggande färglager ej identifieras. På äldre båtar kan den samlade skiktjockleken vara upp till 1000 μm och färgen börjar då falla av i stora sjok. Ett exempel framgår från figur 7 där färglagret är c:a 800 μm . Båtar med tjockare färglager innebär samtidigt att koppar, zink och bly i de yttligare färglagren dämpar tennsignalen i de inre färglagren.

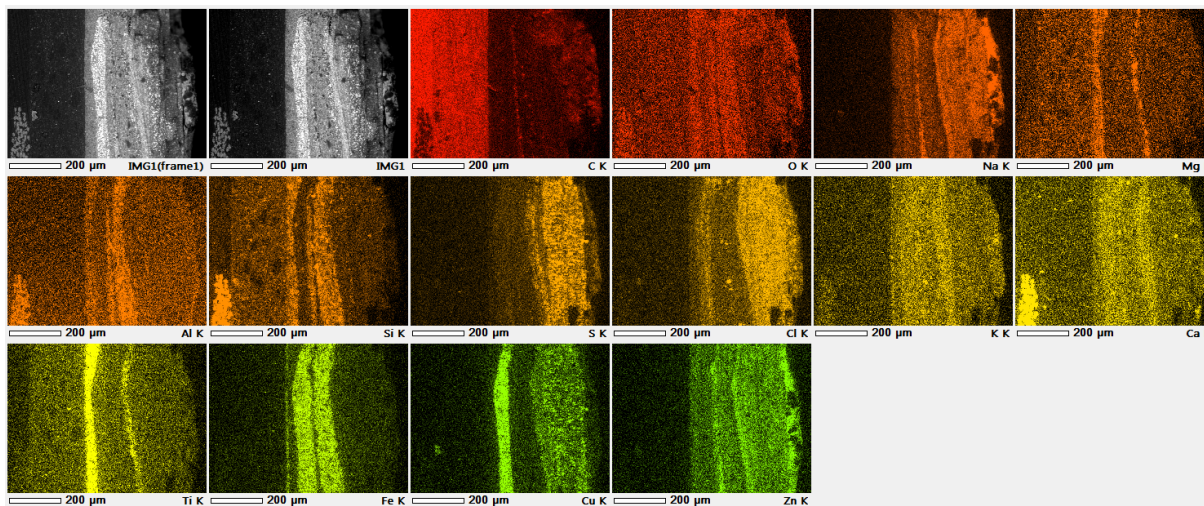


Figur 7. Till vänster, exempel på tjockt färglager. Totalt skiktlager på denna båt är ca 800 μm . Det grå är epoxi och resten kopparfärg. Till höger en båt med TBT-färg som bättrats med kopparfärg där havstulpaner verkar trivas.

De olika lagrens utseende analyserades också i mikroskop. Dels så kunde färglagrens tjocklek bestämmas, dels kunde sammansättningen av de olika lagren identifieras (figur 8 och 9). De undre bilderna visar en grundämnesanalys av de olika skikten. Tyvärr ligger signalen för titan och tenn för nära varandra för att tenn ska kunna detekteras. Koppar och zink lyser dock upp i de övre färglagren i de två sista bilderna. Vi manuell skrapning av färglagren visade sig det blå undre lagret innehålla tenn.



Figur 8. Mikroskopibilder av ett tvärsnitt på provbit från Siroccon. Bilden visar skiktjockleken av färglagren. Det blå skiktet är TBT-färg och det övre kopparfärg.



Figur 9 Bilden visar grundämnesanalys med svepelektronmikroskopi av de olika skikten i figur 8, där utsidan är till höger i bilderna. Beteckningarna för grundämnen återfinns längst ner till höger i varje bild. De två nedersta bilderna längst till höger visar koppar respektive zink. Bilderna visar att dessa färglager ligger längst ut. Dessvärre kunde inte tenn detekteras eftersom titansignalen överlappar denna.

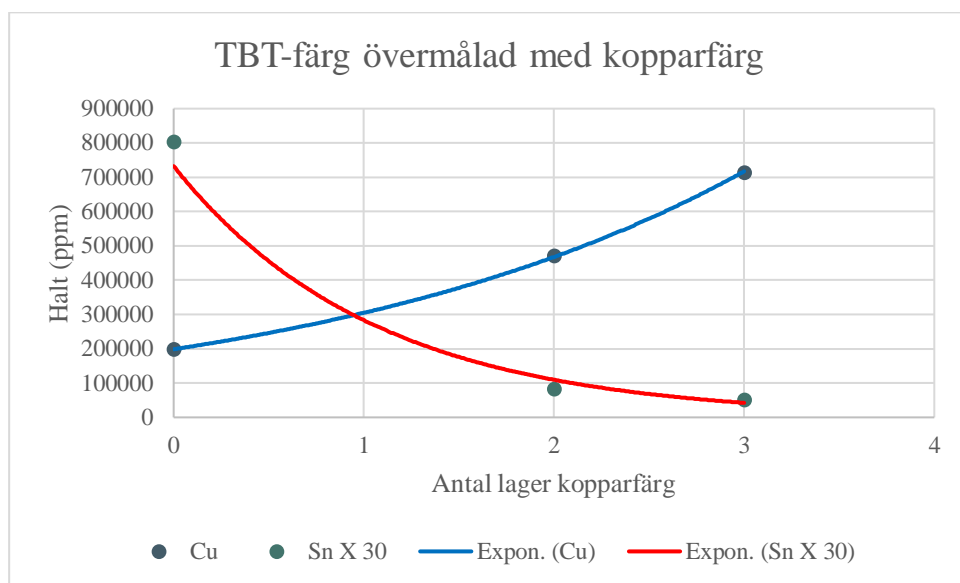
4.4 Målning av provplattor

För att ytterligare karaktärisera hur XRF-bestämningen av tennhalten påverkas av övermålning med koppar sattes ett särskilt försök upp där definierade zoner målades med TBT-färg på en provplatta som sedan målades över med flera lager kopparfärg (Figur 4 och 10).



Figur 10 Området mellan koppartejpen (i figur 4) som målats med planstrykare för att få rätt färgskiktjocklek

Färgen fick sedan torka och ytterligare koppartejp (tjocklek 100 μm) lades på varefter kopparfärg lades på med planstrykare. Detta upprepades tre gånger. Detta representerar en vanlig situation där båtägaren använde TBT-färg när det var fortfarande var tillåtet (före 1989) och sedan använt kopparfärg ovanpå denna. Plattorna analyserades upprepade gånger med handhållen XRF. Färgen från försöken skrapades sedan av och skickades till ett ackrediterat laboratorium för kemisk analys. Resultatet blev en kraftigt minskande tennsignal med fler lager kopparfärg som blockerade signalen (Figur 11).



Figur 11 Effekt av XRF mätvärden av tenn när kopparfärg målats över TBT-lagret Bättre figurtext behövs. Kurvanpassningen är exponentiell (Expon.)

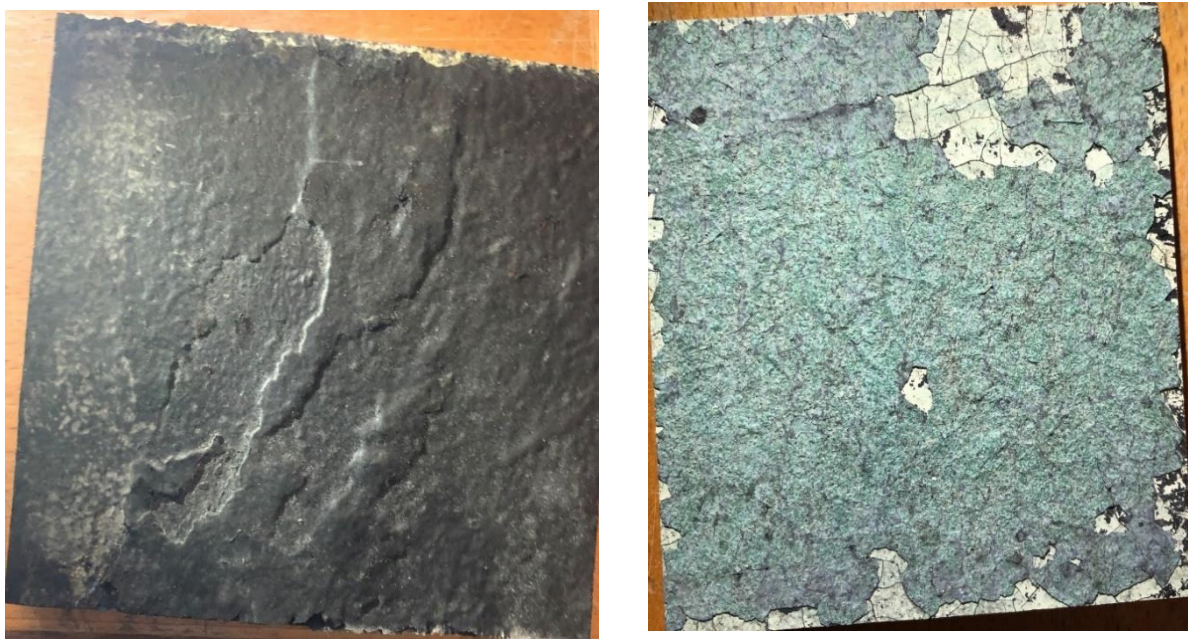
4.5 Jämförelse mellan XRF och kemisk analys

Färgen från provplattorna skrapades av och skickades till ett ackrediterat laboratorium för kemisk analys. Den kemiska analysen utförs med ICP-teknik där provet är helt homogeniserat, upplöst och därför ger ett sannare värde för halterna. Den kemiska analysen påverkas alltså inte av interferenser från färglager som täcker den TBT-innehållande färgen utan visar ett mer sant värde. Resultaten framgår av tabell 2. XRF övervärderar halten koppar och zink med en faktor 2. Förmodligen är halterna så höga att instrumentets linearitet avtar och hamnar utanför det kalibrerade området. Vad gäller tennhalten så visar den kemiska analysen en halt som är 3,6 gånger högre än XRF-värdet. Tennsignalen blockeras av de höga koppar- och zinkhalterna så att endast 28% återstår. Vad gäller de tennorganiska föreningarna kan man konstatera att de utgörs till 88% av tributyltenn där resten är di- och tetrabutyltenn samt spår av monobutyltenn.

Tabell 2 Provplatta som målats med TBT-innehållande färg och sedan med 3 lager kopparfärg. Jämförelse mellan XRF-mätning och kemisk analys på den bortskrapade färgen. I kolumnen "omräknat till tenn" så har halten av de organiska tennföreningarna räknats om till tenninnehåll.

ELEMENT	SAMPLE	Båtskrap	omräknat till tenn	Medelvärde XRF (10 mätningar)
Cu, koppar	mg/kg	343 000		713 000
Pb, bly	mg/kg	275		<10
Zn, zink	mg/kg	128 000		257 117
Sn, tenn	mg/kg	5 960		1 650
MBT, monobutyltenn	µg/kg TS	2 890	1 951	
DBT, dibutyltenn	µg/kg TS	62 700	31 953	
TBT, tributyltenn	µg/kg TS	948 000	386 645	
TTBT, tetrabutyltenn	µg/kg TS	59 500	20 345	
MOT, monooktyltenn	µg/kg TS	<20		
DOT, dioktyltenn	µg/kg TS	<20		
TCyT, tricyklohexyltenn	µg/kg TS	<20		
MPhT, monofenyltenn	µg/kg TS	<20		
DPhT, difenyltenn	µg/kg TS	<20		
TPhT, trifenyltenn	µg/kg TS	<20		
torrsubstans vid 105°C	%	93,7		
Summa tennorganiska föreningar som tenn	mg/kg		441	

Motsvarande försök gjordes på utsågade provbitar från tre av båtarna (exempel i figur 12). XRF-mätningarna visas i tabell 3a och den kemiska analysen i tabell 3b. Värdet för koppar (Cu) är ungefär dubbelt så höga för XRF-mätningarna jämfört med den kemiska analysen med undantag för Parkan. Zinkvärdena är också högre med XRF jämfört med kemisk analys. Tennvärdena stämmer också dåligt mellan XRF-mätningen och den kemiska analysen. För Parkan visar den kemiska analysen en halt mer än 5 gånger XRF-mätningen.



Figur 12 Utseende av de utsågade provplattorna från Sirocco, till höger och Parka till vänster.

Tabell 3a. Resultat från XRF-mätningar på provbitarna från de tre båtarna Halter i ppm. RSD är beräknad från tio mätningar på samma provplatta (c:a 10 X 10 cm).

XRF-mätning		Sirocco 6	Parka 1	Snipa 4
Cu	medel	624 536	102 424	900 781
	RSD (%)	35	77	35
Zn	medel	313 359	102 424	253
	RSD (%)	19	16	316
Sn	medel	4 111	3 391	132
	RSD (%)	53	44	91
Pb	medel	0	306	1 314
	RSD (%)		46	106

Tabell 3b. Kemisk analys av den avskrapade färgen från provbitarna som använts i tabell 3a.

Skrapprov, kemisk analys				
Parameter	Enhet	Sirocco 6	Parka 1	Snipa 4
Cu	mg/kg	300 000	150 000	480 000
Zn	mg/kg	150 000	100 000	33 000
Sn	mg/kg	4 500	18 000	890
Pb	mg/kg	11 000	1 100	950
MBT-Sn	µg/kg	90	440	620
DBT-Sn	µg/kg	620	2 900	12 000
TBT-Sn	µg/kg	2 800	4 900	6 000
Phenyl-Sn	µg/kg	520	6 700	190
Summa organiskt tenn	µg/kg	4 030	14 940	18 810
Area	cm ²	116,6	106,9	61,5
Provmassa	g	15,9	6,2	3,4
massa/area	mg/cm ²	136,4	58,0	55,3

I tabell 4 sammanfattas resultaten från tabell 2-3.

Tabell 4. Jämförelse av tennvärdena från XRF-mätningar och kemisk analys. Halter i ppm (mg/kg)

	Kemisk analys, tenn	Summa tenn-organiska	XRF analys, tenn	Andel tenn-organiskt	XRF avvikelse från kemisk analys
Tenn					
nymålad platta	5 960	441	1 650	7,40%	27,68%
Sirocco 6	4 500	4,03	4 111	0,09%	91,36%
Parka 1	18 000	14,94	3 391	0,08%	18,84%
Snipa 1	890	18,81	132	2,11%	14,83%

Överrensstämningen mellan XRF och den kemiska analysen av tenn varierar starkt men XRF-värdet är alltid lägre än den kemiska analysen. Det är en slående skillnad vad gäller hur stor del av den totala tennhalten som utgörs av tennorganiska föreningar (näst sista kolumnen, tabell 4). Om man bortser från Snipa 1 som hade låga tennvärden så är andelen organiskt tenn mycket högre för den nymålade provplattan jämfört med de gamla båtarna. Den TBT-haltiga färgen på dessa båtar applicerades förmodligen för mer än 35 år sedan (före 1989). En möjlig

förklaring skulle kunna vara att TBT har brutits ner till metalliskt tenn under denna långa tidsperiod. Man vet att TBT bryts ner relativt snabbt (några veckor) i vatten medan nedbrytningen i bottensediment är långsammare.

5 Jämförelse mellan enheter för XRF-mätningar.

De flesta mätningar i den här undersökningen har genomförts med ett instrument som anger halt enheten i ppm dvs mg/kg men andra aktörer använder enheten $\mu\text{g}/\text{cm}^2$. Oavsett vilken enhet man använder så har alla XRF-instrument samma princip. En röntgenstråle penetrerar genom ytan och de grundämnen den träffar skickar tillbaka ett fluorescensljus av en våglängd som specifik för det reflekterande grundämnet. Intensiteten på fluorescensljuset beror på halten av det specifika grundämnet i materialet. Strålen hindras av halten metaller i materialet och når då olika djupt. (Figur 1)

Eftersom man har skärmning och reflektion av tungmetaller i de övre skikten kommer röntgenstrålen att nå olika långt ner i materialet och den volym som man mäter i blir olika beroende på detta. Detta är en effekt oavsett om enheten uttrycks i mg/kg eller $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.

Tabell 5. Jämförelse mellan olika instrument där Bruker är kalibrerad för mätningar i ppm och Thermo är kalibrerad för mätningar i $\mu\text{g}/\text{cm}^2$. Värdena är medelvärdet av 10 olika mätningar på en jämnt målat PVC-platta

	Cu	Zn	Sn	Pb
Bruker, ppm	114 438	1 732	1 317	21
SRDS (%)	6,9	148,5	6,3	223,1
Thermo, $\mu\text{g}/\text{cm}^2$	1 742	1 909	275	2
RDS (%)	5,6	5,6	1,6	10,7
Faktor ppm vs $\mu\text{g}/\text{cm}^2$	66	1	5	13

Förhållandet mellan Thermo och Bruker varierar beroende på vilket grundämne man mäter på. Denna faktor beror förmodligen på vilket typ av instrument man använder alternativt hur substratet ser ut. Mätningar på andra provplattor ger andra faktorer.

6 Diskussion

6.1 Risken för falska negativa mätvärden

Med falska negativa resultat menar man att mätningen ger ett lägre värde än det verkliga. När man jämför mot gräns- eller riktvärden riskerar man därför att godkänna ett objekt därför att mätvärdet hamnar under gräns/riktvärdet men att halten i verkligheten ligger över gränsen. Den här undersökningen har visat att risken för falska negativa resultat vid XRF-mätning är betydande. Spridningen mellan mätvärden är stor och en båt som målats med t.ex kopparfärg kommer att skärma av röntgenstrålen och visa en lägre halt av tenn än den verkliga.

6.2 Risken för falska positiva resultat

Eftersom man endast mäter grundämnet tenn och inte tributyltenn finns också risken för falska positiva resultat. Tenn kan förekomma som förorening i äldre koppar- och blyråvaror i färgen och skulle då ge utslag med XRF. Vissa resultat i denna undersökning pekar också på att gammal TBT-färg kan ha mycket lägre TBT-innehåll än en färsk färg. Grundämnet tenn finns dock kvar och kommer att ge utslag med XRF även om TBT-halten är mycket låg (tabell 4).

När en XRF-analys visar att tenn förekommer på ett båtskrov, tolkas det som att tennet härrör från underliggande lager av tributyltenn, alltså att TBT är källan. Om tennhalten överskrider en viss nivå kan det leda till att båtägaren får föreläggande om en kostsam sanering av sin båt. I Stockholm använder miljöförvaltningen gränsvärdet 100 µg/cm² för krav på sanering. XRF-analysen kan bara påvisa förekomst av tenn men inte förekomst av TBT.

Det är känt att TBT bryts ner i vatten. Halveringstiden är ca 2 veckor (Thain *et al.* 1987) men längre vid lägre vattentemperatur. I syrerikt vatten och vatten som får stor ljusexponering går nedbrytningen snabbare. I syrefria sediment däremot kan halveringstiden vara så lång som 6 månader. Mikrobiell aktivitet ökar också nedbrytningshastigheten (*Ibid.*). Detta har man tagit hänsyn till i Norge där man inte har samma strikta syn på TBT-förekomst som i Sverige (Hjermann *et al.* 2018)). Resultatet i tabell 4 tyder på att TBT bryts ner även när den förekommer i som förening i färglager. Det skulle innebära att giftigheten inte alls är så stor som det antas och att sanering kanske inte alls behövs av det skälet. Detta styrks av den iakttagelsen att havstuplaner i flera fall växer på skrovytor där tenn påvisats, jfr högra bilden i figur 7. Den analys som man behöver göra för att vara säker på vilken halt av TBT som förekommer är en kemisk analys baserad på skrapprov. Tyvärr är denna analys inte så snabb och kostar betydligt mer än XRF-analys.

Resultatet i figur 4 är en indikation. För att avgöra om detta stämmer behöver fler mätningar göras. Detta är viktigt och angeläget med hänsyn till den stora kostnad för sanering som båtägare kan drabbas av, en sanering som kanske inte behövs. Det är också viktigt att diskutera konsekvenserna av att ta förekomst av tenn påvisad med XRF som tecken på att TBT förekommer på ett båtskrov.

Det kan tilläggas att forskargruppen som lanserat XRF-analys som metod för att påvisa TBT på båtskrov inte gjort någon mätteknisk validering av metoden vad gäller noggrannhet och tillförlitlighet. Det är en allvarlig brist med hänsyn till betydelsen och rättssäkerheten för den enskilde som kan tvingas sanering sin båt efter beslut som fattas av tillsynsmyndigheten. Inte heller tillsynsmyndigheten har analyserat frågan.

6.3 Lämpligheten att använda XRF för att påvisa TBT i båtbottenfärg

Handhållen XRF är ett utmärkt verktyg för att screena innehåll av giftiga metaller i båtbottenfärg. Däremot räcker inte tekniken för att göra en bedömning av huruvida en båt ska saneras eller inte. För båtar med tjocka färglager som målats många gånger riskerar man att missa tennorganiska föroreningar i de inre skikten. Mätosäkerheten är så stor att resultaten får ses som semi-kvantitativa eller t.o.m. kvalitativa indikationer. Det är direkt olämpligt att sätta rikt- eller gränsvärden för mätvärdena från XRF-mätningar.

De flesta mätningar i den här undersökningen har genomförts med ett instrument som anger halt enheten i ppm eller om man så vill i mg/kg vilket är samma sak. Den reflekterade fluorescenssignalen innehåller ett antal toppar vid olika frekvenser. Topparna och deras frekvenser är specifika för det reflekterande ämnet och används detektorn för att indikera vilket ämne som topparna kommer från. Signalstyrkan hos topparna är proportionell mot halten av ämnet i provet. Det innebär att kalibrering av instrumentet i halten i ppm eller likvärdig enhet av ämnet i provet är det naturliga valet.

6.4 Vilken enhet är bör användas för mätning med XRF?

För mätning på båtskrov har enheten $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ använts för ett stort antal båtar. Mätning med enheten $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ nämndes tidigast av Ytreberg *et al* (2015) och valet av enhet motiverades av att den är lämpligare om mätresultatet ska användas för att bestämma totalmängden antifoulingfärg på ett skrov. Ythalten kan då multipliceras med storleken på den målade ytan på skrovet för att få mängden. Om detta förfarande fungerar i praktiken kan man vara tveksam till, särskilt som haltangivelserna visar stor variation. Kopplingen till miljöeffekter i vattnet är dessutom oklar eftersom man inte känner läckagehastigheten från undre färglager. I samma arbete gjordes även en regressionsanalys av sambandet mellan XRF-bestämd halt av tenn, koppar och zink och kemiska analys av ämnena på mätytan. Man drar slutsatsen att överensstämmelsen är mycket god. Detta kan dock ifrågasättas eftersom regressionsanalysen baseras på logaritmerade haltvärden som minskar känsligheten för linjäritetsbrister. Även efter logaritmering är variationen kring regressionslinjen avsevärd, se figurerna i artikeln (Ytreberg *et al* (2015)).

Man ska nog diskutera effekten av inträngningsdjupet för röntgenstrålen. Om den inte tränger igenom mäter man ju inte på hela färglagret (figur 1). Detta är särskilt viktigt om lagret inte är homogent med t.ex. TBT innerst. Om röntgenstrålen tränger igenom mäter man ju också på underliggande material. Olika tjocka färglager kan vara en källa till variationen i mätvärden.

Det är intressant att notera att med XRF-mätning under standardiserade förhållanden som vid mätning på polerade metallytor får man hög noggrannhet. Den stora värdespridningen som vi konstaterar vid mätningar på båtskrov förklaras nog till stor del av att standardiseringen är låg, dvs. att mätförhållandena på ett båtskrov varierar för mycket.

7 Slutsatser

XRF-analys har föreslagits som metod att bestämma om det förekommer höga halter av TBT på båtbottnar. Att använda enbart XRF-metodik för att besluta om sanering av båtbottnar är olämpligt med tanke på de stora variationerna av mätvärden. Vidare är skärmningseffekten för tennsignalen stor när färgskikten är tjocka, (700- 1000 μm). Det innebär att XRF-tekniken kan missa de båtar som verkligen behöver saneras. För äldre båtar verkar tenn i högre grad föreligga som metalliskt tenn och inte som giftig tributyltenn (TBT). En kemisk analys av ett skrapprov är betydligt säkrare och analysen är standardiserad.

8 Referenser

- Lagerström, M., Ytreberg, E., Yngsell, D., Eklund, B. (2017): Förekomst av förbjuden tennfärg på fartygs- och fritidsbåtskrov – utveckling av XRF-metod för mätning av tenn & förslag på riktvärde. *Transportstyrelsen TSA 2016-98*
- Ytreberg, E., Lundgren et al. (2015) New analytical application for metal determination in antifouling paints. *Talanta*, 143, 121-126. Ytreberg, E., Lagerström, M., et al. (2017) A novel XRF method to measure environmental release of copper and zinc from antifouling paints. *Environmental Pollution*, 225, 490-496.
- J. Thain, M. Waldock and M. Waite, "Toxicity and Degradation Studies of Tributyltin (TBT) and Dibutyltin (DBT) in the Aquatic Environment," *OCEANS '87*, 1987, pp. 1398-1404, doi: 10.1109/OCEANS.1987.1160656.
- Green, N W., Schøyen, M., Hjermann, D Ø., Øxnevad, S., Ruus, A., Lusher, A., Beylich, B., Lund, E., Tveiten, L., Håvardstun, J., Jenssen, M T S., Ribeiro, A L., Bæk, K. Contaminants in coastal waters of Norway 2017. *NIVA Miljødirektoratet report M-1120/2018*
- Eklund, B., Watermann, B. Persistence of TBT and copper in excess on leisure boat hulls around the Baltic Sea. *Environ Sci Pollut Res* **25**, 14595–14605 (2018). <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1614-1>

DGE Mark och Miljö AB
 Per Ivarsson
 Gullbergsstrandgatan 9
 41104 GÖTEBORG

AR-21-SL-233185-01
EUSELI2-00943194

Kundnummer: SL8472401

 Uppdragsmärkn.
 Per Ivarsson

Analysrapport

Provnummer:	177-2021-10290782	Provtagningsdatum	2021-10-26	
Provbeskrivning:		Provtagare	Per Ivarsson	
Matris:	Övrigt fast material			
Provet ankom:	2021-10-28			
Utskriftsdatum:	2021-12-01			
Analyserna påbörjades:	2021-11-11			
Provmärkning:	Sir 6			
Provtagningsplats:	415491			
Analys	Resultat	Enhet	Mäto.	Metod/ref
Torrsubstans	96.2	%		Intern a)
Bly Pb (Kungsv.)	1100	mg/kg	15%	SS-ISO 11466:1996/SS-EN ISO 11885:2009 b)*
Koppar Cu (Kungsv.)	300000	mg/kg	15%	SS-ISO 11466:1996/SS-EN ISO 11885:2009 b)*
Tenn Sn (Kungsv.)	4500	mg/kg	20%	SS-ISO 11466:1996/SS-EN ISO 17294-2:2016 b)*
Zink Zn (Kungsv.)	150000	mg/kg	15%	SS-ISO 11466:1996/SS-EN ISO 11885:2009 b)*
Monobutyltenn (MBT)	130	µg/kg Ts	30%	Intern a)
Monobutyltenn-Sn (MBT-Sn)	90	µg/kg Ts	30%	Intern a)
Dibutyltenn (DBT)	1200	µg/kg Ts	30%	Intern a)
Dibutyltenn-Sn	620	µg/kg Ts	30%	Intern a)
Tributyltenn (TBT)	6700	µg/kg Ts	30%	Intern a)
Tributyltenn-Sn (TBT-Sn)	2800	µg/kg Ts	30%	Intern a)
Tetrabutyltenn (TTBT)	< 5.1	µg/kg Ts	30%	Intern a)
Tetrabutyltenn-Sn (TTBT-Sn)	< 1.8	µg/kg Ts	30%	Intern a)
Monooktyltenn (MOT)	< 5.1	µg/kg Ts	30%	Intern a)
Monooktyltenn-Sn (MOT-Sn)	< 2.6	µg/kg Ts	30%	Intern a)
Dioktyltenn (DOT)	< 5.1	µg/kg Ts	30%	Intern a)
Dioktyltenn-Sn (DOT-Sn)	< 1.8	µg/kg Ts	30%	Intern a)
Trifenyltenn (TPhT)	1500	µg/kg Ts	30%	Intern a)
Trifenyltenn-Sn	520	µg/kg Ts	30%	Intern a)
Tricyklohexyltenn (TCHT)	< 10	µg/kg Ts		Intern a)
Tricyklohexyltenn-Sn (TCHT-Sn)	< 3.3	µg/kg Ts	30%	Intern a)

Utförande laboratorium/underleverantör:

Förklaringar

Laboratoriet/laboratorierna är ackrediterade av respektive lands ackrediteringsorgan. Ej ackrediterade analyser är markerade med *

AR-003v58

Mätosäkerheten, om inget annat anges, redovisas som utvidgad mätosäkerhet med täckningsfaktor 2. Undantag relaterat till analyser utförda utanför Sverige kan förekomma. Ytterligare upplysningar samt mätosäkerhet och detektionsnivåer för mikrobiologiska analyser lämnas på begäran.

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utförande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultaten relaterar endast till det insända provet.

- a) Eurofins GfA Lab Service GmbH (Hamburg), GERMANY, DIN EN ISO/IEC 17025:2018 Dakks D-PL-14629-01-00
- b) Eurofins Environment Testing Sweden AB, SWEDEN, ISO/IEC 17025:2017 SWEDAC 1125

Frida Svensson, Rapportansvarig

Denna rapport är elektroniskt signerad.

Förklaringar

Laboratoriet/laboratorierna är ackrediterade av respektive lands ackrediteringsorgan. Ej ackrediterade analyser är markerade med *

AR-003v58

Mätosäkerheten, om inget annat anges, redovisas som utvidgad mätosäkerhet med täckningsfaktor 2. Undantag relaterat till analyser utförda utanför Sverige kan förekomma. Ytterligare upplysningar samt mätosäkerhet och detektionsnivåer för mikrobiologiska analyser lämnas på begäran.

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utförande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultaten relaterar endast till det insända provet.



Analyscertifikat

Ordernummer	: ST2201310	Sida	: 1 av 3
Kund	: DGE Mark och Miljö AB	Projekt	: ----
Kontaktperson	: Per Ivarsson	Beställningsnummer	: 415491
Adress	: Box 258 391 23 Kalmar	Provtagare	: Lennart Falck
E-post	: per.ivarsson@dge.se	Provtagningspunkt	: ----
Telefon	: ----	Ankomstdatum, prover	: 2022-01-20 08:00
C-O-C-nummer	: ----	Analys påbörjad	: 2022-01-21
(eller		Utfärdad	: 2022-02-04 16:55
Orderblankett-num		Antal ankomna prover	: 1
mer)			
Offertnummer	: HL2020SE-DGE-MOM0001 (OF190203)	Antal analyserade prover	: 1

Generell kommentar

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultatet gäller endast materialet såsom det har mottagits, identifierats och testats. Laboratoriet tar inget ansvar för information i denna rapport som har lämnats av kunden, eller resultat som kan ha påverkats av sådan information. Beträffande laboratoriets ansvar i samband med uppdrag, se vår webbplats www.alsglobal.se

Signatur

Position

Niels-Kristian Terkildsen

Laboratoriechef



Laboratorium	: ALS Scandinavia AB	hemsida	: www.alsglobal.se
Adress	: Rinkebyvägen 19C 182 36 Danderyd Sverige	E-post	: info.ta@alsglobal.com
		Telefon	: +46 8 5277 5200



Analysresultat

Parameter	Resultat	MU	Enhet	LOR	Analyspaket	Metod	Utf.		
								Båtskrap	
								ST2201310-001	
Matris: BYGGNADSMATERIAL		Provbeteckning		2022-01-18					
		Laboratoriets provnummer							
		Provtagningsdatum / tid							
Provberedning									
Uppslutning	Ja	----	-	-	Bygg-IS-1	S-PM59-HB	LE		
Uppslutning AR	Ja	----	-	-	Bygg-M-AR	S-PAR53-HB	LE		
Extraktion	Ja *	----	-	-	OJ-19a	S-P46	LE		
Metaller och grundämnen									
Cu, koppar	343000	± 34300	mg/kg	0.300	Bygg-IS-1	S-SFMS-59	LE		
Pb, bly	275	± 28	mg/kg	1.00	Bygg-IS-1	S-SFMS-59	LE		
Zn, zink	128000	± 12800	mg/kg	1.00	Bygg-IS-1	S-SFMS-59	LE		
Sn, tenn	5960	± 804	mg/kg	0.500	Bygg-M-AR	S-SFMS-53	LE		
Metallorganiska föreningar									
MBT, monobutyltenn	2890 *	----	µg/kg TS	1	OJ-19a	S-GC-46	LE		
DBT, dibutyltenn	62700 *	----	µg/kg TS	1	OJ-19a	S-GC-46	LE		
TBT, tributyltenn	948000 *	----	µg/kg TS	1.0	OJ-19a	S-GC-46	LE		
TTBT, tetrabutyltenn	59500 *	----	µg/kg TS	1	OJ-19a	S-GC-46	LE		
MOT, monoooktyltenn	<20 *	----	µg/kg TS	1	OJ-19a	S-GC-46	LE		
DOT, dioktyltenn	<20 *	----	µg/kg TS	1	OJ-19a	S-GC-46	LE		
TCyT, tricyklohexyltenn	<20 *	----	µg/kg TS	1	OJ-19a	S-GC-46	LE		
MPhT, monofenyltenn	<20 *	----	µg/kg TS	1	OJ-19a	S-GC-46	LE		
DPhT, difenyltenn	<20 *	----	µg/kg TS	1	OJ-19a	S-GC-46	LE		
TPhT, trifenyltenn	<20 *	----	µg/kg TS	1	OJ-19a	S-GC-46	LE		
Fysikaliska parametrar									
torrsubstans vid 105°C	93.7	± 2.00	%	1.00	OJ-19a	TS-105	LE		

Metodsammanfattningar

Analysmetoder	Metod
S-GC-46	Analys av tennorganiska föreningar (OTC) i jord, slam och sediment med GC-ICP-MS enligt SE-SOP-0036 (SS-EN ISO 23161:2018).
S-P46	Prep metod- OTC enligt SE-SOP-0036 (SS-EN ISO 23161:2018).
S-SFMS-53	Analys av metaller i jord, slam, sediment och byggnadsmaterial med ICP-SFMS enligt SS-EN ISO 17294-2:2016 och US EPA Method 200.8:1994 efter uppslutning av prov enligt S-PAR53-HB.
S-SFMS-59	Analys av metaller i jord, slam, sediment och byggnadsmaterial med ICP-SFMS enligt SS-EN ISO 17294-2:2016 och US EPA Method 200.8:1994 efter uppslutning av prov enligt S-PM59-HB.
TS-105	Bestämning av torrsubstans (TS) enligt SS-EN 15934:2012 utg 1.

Beredningsmetoder	Metod
S-PAR53-HB	Upplösning med kungsvatten i hotblock enligt SE-SOP-0047 (SS-EN ISO 54321:2021 och SS-EN 16174:2012).
S-PM59-HB	Upplösning i 7M salpetersyra i hotblock enligt SE-SOP-0021.



Nyckel: **LOR** = Den rapporteringsgräns (LOR) som anges är standard för respektive parameter i metoden. Rapporteringsgränsen kan påverkas vid t.ex. spädning p.g.a. matrisstörningar, begränsad provmängd eller låg torrsbstanshalt.

MU = Mätosäkerhet

* = Asterisk efter resultatet visar på ej ackrediterat test, gäller både egna lab och underleverantör

Mätosäkerhet:

Mätosäkerheten anges som en utvidgad osäkerhet (enligt definitionen i "Evaluation of measurement data- Guide to the expression of uncertainty in measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) beräknad med täckningsfaktor lika med 2 vilket ger en konfidensnivå på ungefär 95%.

Mätosäkerhet anges endast för detekterade ämnen med halter över rapporteringsgränsen.

Mätosäkerhet från underleverantör anges oftast som en utvidgad osäkerhet beräknad med täckningsfaktor 2. För ytterligare information kontakta laboratoriet.

Utförande laboratorium (teknisk enhet inom ALS Scandinavia eller anlitat laboratorium (underleverantör)).

	Utf.
LE	Analys utförd av ALS Scandinavia AB, Aurorum 10 Luleå Sverige 977 75 Ackrediterad av: SWEDAC Ackrediteringsnummer: 2030

DGE Mark och Miljö AB
Per Ivarsson
Gullbergsstrandgatan 9
41104 GÖTEBORG

AR-21-SL-233374-01

EUSELI2-00943194

Kundnummer: SL8472401

Uppdragsmärkn.
Per Ivarsson

Analysrapport

Provnummer:	177-2021-10290783	Provtagningsdatum	2021-10-26		
Provbeskrivning:		Provtagare	Per Ivarsson		
Matris:	Övrigt fast material				
Provet ankom:	2021-10-28				
Utskriftsdatum:	2021-12-01				
Analyserna påbörjades:	2021-11-11				
Provmärkning:	Parka 1				
Analys	Resultat	Enhet	Mäto.	Metod/ref	
Bly Pb (Kungsv.)	1100	mg/kg	15%	SS-ISO 11466:1996/SS-EN ISO 11885:2009	b)*
Koppar Cu (Kungsv.)	150000	mg/kg	15%	SS-ISO 11466:1996/SS-EN ISO 11885:2009	b)*
Tenn Sn (Kungsv.)	18000	mg/kg	20%	SS-ISO 11466:1996/SS-EN ISO 17294-2:2016	b)*
Zink Zn (Kungsv.)	100000	mg/kg	15%	SS-ISO 11466:1996/SS-EN ISO 11885:2009	b)*
Monobutyltenn (MBT)	650	µg/kg	30%	Intern	a)
Monobutyltenn-Sn (MBT-Sn)	440	µg/kg	30%	Intern	a)
Dibutyltenn (DBT)	5700	µg/kg	30%	Intern	a)
Dibutyltenn-Sn	2900	µg/kg	30%	Intern	a)
Tributyltenn (TBT)	12000	µg/kg	30%	Intern	a)
Tributyltenn-Sn (TBT-Sn)	4900	µg/kg	30%	Intern	a)
Tetrabutyltenn (TTBT)	25	µg/kg	30%	Intern	a)
Tetrabutyltenn-Sn (TTBT-Sn)	8.4	µg/kg	30%	Intern	a)
Monooktyltenn (MOT)	< 6.2	µg/kg	30%	Intern	a)
Monooktyltenn-Sn (MOT-Sn)	< 3.2	µg/kg	30%	Intern	a)
Dioktyltenn (DOT)	< 5.0	µg/kg	30%	Intern	a)
Dioktyltenn-Sn (DOT-Sn)	< 1.7	µg/kg	30%	Intern	a)
Trifenyltenn (TPhT)	6700	µg/kg	30%	Intern	a)
Trifenyltenn-Sn	2300	µg/kg	30%	Intern	a)
Tricyklohexyltenn (TCHT)	< 9.9	µg/kg		Intern	a)
Tricyklohexyltenn-Sn (TCHT-Sn)	< 3.2	µg/kg	30%	Intern	a)

Utförande laboratorium/underleverantör:

- a) Eurofins GfA Lab Service GmbH (Hamburg), GERMANY, DIN EN ISO/IEC 17025:2018 Dakks D-PL-14629-01-00
b) Eurofins Environment Testing Sweden AB, SWEDEN, ISO/IEC 17025:2017 SWEDAC 1125

Förklaringar

Laboratoriet/laboratorierna är ackrediterade av respektive lands ackrediteringsorgan. Ej ackrediterade analyser är markerade med *

AR-003v58

Mätosäkerheten, om inget annat anges, redovisas som utvidgad mätosäkerhet med täckningsfaktor 2. Undantag relaterat till analyser utförda utanför Sverige kan förekomma. Ytterligare upplysningar samt mätosäkerhet och detektionsnivåer för mikrobiologiska analyser lämnas på begäran.

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utförande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultaten relaterar endast till det insända provet.

Frida Svensson, Rapportansvarig

Denna rapport är elektroniskt signerad.

Förklaringar

Laboratoriet/laboratorierna är ackrediterade av respektive lands ackrediteringsorgan. Ej ackrediterade analyser är markerade med *

AR-003v58

Mätosäkerheten, om inget annat anges, redovisas som utvidgad mätosäkerhet med täckningsfaktor 2. Undantag relaterat till analyser utförda utanför Sverige kan förekomma. Ytterligare upplysningar samt mätosäkerhet och detektionsnivåer för mikrobiologiska analyser lämnas på begäran.

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utförande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultaten relaterar endast till det insända provet.

DGE Mark och Miljö AB
Per Ivarsson
Gullbergsstrandgatan 9
41104 GÖTEBORG

AR-21-SL-233375-01

EUSELI2-00943194

Kundnummer: SL8472401

Uppdragsmärkn.
Per Ivarsson

Analysrapport

Provnummer:	177-2021-10290784	Provtagningsdatum	2021-10-26		
Provbeskrivning:		Provtagare	Per Ivarsson		
Matris:	Övrigt fast material				
Provet ankom:	2021-10-28				
Utskriftsdatum:	2021-12-01				
Analyserna påbörjades:	2021-11-11				
Provmärkning:	Snipa 4				
Analys	Resultat	Enhet	Mäto.	Metod/ref	
Bly Pb (Kungsv.)	950	mg/kg	15%	SS-ISO 11466:1996/SS-EN ISO 11885:2009	b)*
Koppar Cu (Kungsv.)	480 000	mg/kg		SS-ISO 11466:1996/SS-EN ISO 11885:2009	b)*
Tenn Sn (Kungsv.)	890	mg/kg	20%	SS-ISO 11466:1996/SS-EN ISO 17294-2:2016	b)*
Zink Zn (Kungsv.)	33000	mg/kg	15%	SS-ISO 11466:1996/SS-EN ISO 11885:2009	b)*
Monobutyltenn (MBT)	920	µg/kg	30%	Intern	a)
Monobutyltenn-Sn (MBT-Sn)	620	µg/kg	30%	Intern	a)
Dibutyltenn (DBT)	24000	µg/kg	30%	Intern	a)
Dibutyltenn-Sn	12000	µg/kg	30%	Intern	a)
Tributyltenn (TBT)	15000	µg/kg	30%	Intern	a)
Tributyltenn-Sn (TBT-Sn)	6000	µg/kg	30%	Intern	a)
Tetrabutyltenn (TTBT)	38	µg/kg	30%	Intern	a)
Tetrabutyltenn-Sn (TTBT-Sn)	13	µg/kg	30%	Intern	a)
Monooktyltenn (MOT)	< 12	µg/kg	30%	Intern	a)
Monooktyltenn-Sn (MOT-Sn)	< 6.4	µg/kg	30%	Intern	a)
Dioktyltenn (DOT)	< 12	µg/kg	30%	Intern	a)
Dioktyltenn-Sn (DOT-Sn)	< 4.3	µg/kg	30%	Intern	a)
Trifenyltenn (TPhT)	190	µg/kg	30%	Intern	a)
Trifenyltenn-Sn	63	µg/kg	30%	Intern	a)
Tricyklohexyltenn (TCHT)	< 25	µg/kg		Intern	a)
Tricyklohexyltenn-Sn (TCHT-Sn)	< 8.1	µg/kg	30%	Intern	a)

Utförande laboratorium/underleverantör:

- a) Eurofins GfA Lab Service GmbH (Hamburg), GERMANY, DIN EN ISO/IEC 17025:2018 Dakks D-PL-14629-01-00
b) Eurofins Environment Testing Sweden AB, SWEDEN, ISO/IEC 17025:2017 SWEDAC 1125

Förklaringar

Laboratoriet/laboratorierna är ackrediterade av respektive lands ackrediteringsorgan. Ej ackrediterade analyser är markerade med *

AR-003v58

Mätosäkerheten, om inget annat anges, redovisas som utvidgad mätosäkerhet med täckningsfaktor 2. Undantag relaterat till analyser utförda utanför Sverige kan förekomma. Ytterligare upplysningar samt mätosäkerhet och detektionsnivåer för mikrobiologiska analyser lämnas på begäran.

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utförande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultaten relaterar endast till det insända provet.

Frida Svensson, Rapportansvarig

Denna rapport är elektroniskt signerad.

Förklaringar

Laboratoriet/laboratorierna är ackrediterade av respektive lands ackrediteringsorgan. Ej ackrediterade analyser är markerade med *

AR-003v58

Mätosäkerheten, om inget annat anges, redovisas som utvidgad mätosäkerhet med täckningsfaktor 2. Undantag relaterat till analyser utförda utanför Sverige kan förekomma. Ytterligare upplysningar samt mätosäkerhet och detektionsnivåer för mikrobiologiska analyser lämnas på begäran.

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utförande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultaten relaterar endast till det insända provet.