



Happy Boat

GIFTFRI BOTTEN - FRISKARE HAV

Happy Boat rapportnummer 17-7

Bestämning av tenn, koppar, zink, och bly på båtbottnar

Årstavikens Segelsällskap (ÅSS)

Britta och Göran Eklund

2017-05-05

Betalningsmottagare

Happy Boat AB

Lundagatan 11

619 34 Trosa

www.happyboat.se

Telefon

073-6600011

E-postadress

britta.eklund@happyboat.se

goran.eklund@happyboat.se

Bankgiro

164-9342

Organisationsnummer

559066-0238

Godkänd för F-skatt

1. UPPDRAGET

Stockholm stad har anlitat Happy Boat AB för att utföra mätningar av halten koppar, zink, tenn och bly på båtbottnar inom Årstavikens Segelsällskap. Mätningen utfördes med röntgenfluorescenssteknik (XRF) där halten metall mäts i $\mu\text{g}/\text{cm}^2$. Metodiken finns beskriven i en vetenskaplig artikel (Ytreberg et al 2015).

Innehåll:

1. UPPDRAGET	3
2. INLEDNING.....	4
2.1 Regler för båtar i sötvatten	4
3. METOD	5
3.1 Jämförelsedata	6
4. RESULTAT av XRF-MÄTNINGAR PÅ BÅTAR TILLHÖRANDE Årstavikens Segelsällskap	7
4.1 Resultat för plastbåtar inom Årstavikens Segelsällskap.....	7
4.1.1 Kopparhalter på plastbåtar inom Årstavikens Segelsällskap	9
4.1.2 Zinkhalter på plastbåtar inom Årstavikens Segelsällskap.....	10
4.1.3 Tennhalter på plastbåtar inom Årstavikens Segelsällskap	10
4.1.4 Blyhalter på plastbåtar inom Årstavikens Segelsällskap.....	10
4.1.5 Mätta oidentifierade plastbåtar inom Årstavikens Segelsällskap.....	10
4.2 Resultat för träbåtar inom Årstavikens Segelsällskap	11
5. REFERENSER	14

Bilaga

Bilaga A – Resultaten från båtskrovmätningarna

2. INLEDNING

Flera undersökningar av båthamnar och båtuppläggningsplatser i Sverige har påvisat höga halter av ämnen som härrör från användningen av båtbottnfärger (Eklund et al., 2008, 2010, 2014ab, 2016, Eklund och Eklund 2012, Lagerström et al., 2016). Mätningarna på jord från båtuppläggningsplatser visar att halterna av farliga metaller ofta långt överskrider gällande riktvärden för både känslig (KM) och mindre känslig markanvändning (MKM) (Naturvårdsverket 2016). Det är troligt att mycket av det som ansamlas på marken i samband med underhåll av båtar kan komma sköljas ut i angränsande vattenområden med regnvatten.

Anledningen till att mäta halten metaller på båtskrov är att ta reda på hur mycket farliga metaller som finns på båtskroven. Det är av särskilt intresse att undersöka om det finns rester av tennorganisk bottenfärg samt färger innehållande koppar, zink och bly på båtar som används i Mälaren.

Tenn ingår i alla tennorganiska föreningar. Den vanligast tennorganiska föreningen som använts i bottenfärger är TBT (tributyltenn). TBT har kraftigt hormonstörande egenskaper och har därför varit förbjuden i bottenfärger för fritidsbåtar sedan 1989 inom EU. Enligt Vattendirektivet (2000/60/EG) är de tennorganiska föreningar prioriterade och ska fasas ut så snabbt som möjligt. Även om de tennorganiska bottenfärgerna har varit förbjudna länge så kan de finnas kvar i underliggande färglager.

Koppar är giftigt både för växter och djur och senare tids forskning visar negativa effekter i låga koncentrationer som t.ex. att laxfiskar inte kan hitta tillbaka till sina reproduktionsområden. Alger och andra vattenlevande organismer påverkas negativt vid halter som uppmäts i småbåtshamnar. I allmänhet är biotillgängligheten för koppar högre för organismer i sötvatten än i saltare vatten och giftigheten blir därmed högre. Koppar ingår i många vanliga ost- och västkustfärger i varierande mängd.

Zink är liksom koppar giftigt för vattenlevande organismer som alger och kräftdjur. Zink ingår i de flesta bottenfärger på grund av sin egenskap att reglera läckagehastigheter av andra ämnen såsom koppar. Zink ingår ofta som komponent i både ost- och västkustfärger.

Bly kan bl.a. påverka utvecklingen av hjärnan negativt. Användningen av bly har därför begränsats i olika omgångar. Det förekommer dock fortfarande, framför allt äldre träbåtar, som har målats med blyhaltig färg.

2.1 Regler för båtar i sötvatten

Alla biocidfärger som säljs i Sverige måste ha genomgått en godkännandeprocess från Kemikalieinspektionen (KEMI).

För insjöar, däribland Mälaren, finns det inga godkända biocidfärger, dvs. färger innehållande bekämpningsmedel. Trots detta förekommer det båtar som har kvar rester av gammal bottenfärg eller som är påmålade med färger innehållande biocider. Detta är emot biocidförordningen.

Inga kopparbaserade färger är heller godkända för användning i sötvatten i Storbritannien, Nederländerna och Danmark.

3. METOD

Båtskrovmätning av Årstaiken Segesällskaps båtar utfördes i april 2017 av Happy Boat AB (www.happyboat.se). Båtarna låg upplagda på båtklubbens uppläggningsplats i närheten av Eriksdalsbadet på Södermalm. Under mätningen fanns en funktionär från klubben till hands.

Mätningen utfördes med ett handhållet röntgenfluorescensinstrument som är särskilt kalibrerat för mätning av tenn, koppar, bly och zink på plastbåtskrov. Metoden är beskriven i Ytreberg et al., 2015. Förekomst av koppar och zink innebär att båten varit målade med bottenfärger som innehåller dessa metaller. Förekomst av tenn är en stark indikation på att det finns kvar rester av gammal tennorganisk färg på botten (Lagerström 2016), förmodligen i inre färglager.

För att få tillförlitliga medelvärden har varje båt i undersökningen mätts på mellan 6-8 platser på undervattensskroven. Mätningar har utförts i en bestämd ordning på varje båt där mätomgången alltid startar med styrbord akter. Mätning har utförts på tre platser på styrbord sida, (styrbord bak, styrbord mitt, styrbord fram), tre platser på babord sida (babord fram, babord mitt och babord bak) och avslutats med två mätningar på aktern eller rodret (babord akter/roder och styrbord akter/roder). I samtliga fall har mätningarna utförts cirka 10-20 cm under vattenlinjen och väl ovanför kölen (Figur 1). I de flesta fall har 8 mätningar utförts per båt. De fall där endast sex mätningar har utförts beror det på att rodret saknades eller var av metall.



Figur 1. Mätpunkter på båtar mätta av Happy Boat AB. Mätningar utfördes 10-20 cm nedanför vattenlinjen på både styrbord och babord sida enligt bilden (styrbord bak, styrbord mitt, styrbord för, babord för, babord mitt och babord bak plus ömse sidor av rodet). Om det var motorbåtar mättes på aktern istället för roder.

XRF-metodiken är kalibrerad för mätning av koppar, zink och tenn på plastbåtskrov. Det är en screeningmetod där signalen för olika element avtar ju tjockare lager färg man har. Tenn är den metall som ger säkrast signal även vid många färglager. För koppar och zink kan värdet bli underskattat vid många färglager.

Även bly kan detekteras med instrumentet, dock med lägre precision. I föreliggande undersökning har blyhalterna graderats efter en fyrgradig skala. Värderna under $100 \mu\text{g bly/cm}^2$, halter mellan 100 och $999 \mu\text{g bly/cm}^2$, halter mellan $1000 \mu\text{g bly/cm}^2$ och $10000 \mu\text{g bly/cm}^2$, samt halter högre än $10000 \mu\text{g bly/cm}^2$. I gula, brandgula och röda båtar kan bly ingå i färgpigmentet i gelcoaten.

Kvantifieringsgränsen för tenn är $50 \mu\text{g /cm}^2$ och för koppar, zink och bly $100 \mu\text{g /cm}^2$.

3.1 Jämförelsedata

För att få en uppfattning om vad XRF-värderna innebär så har mätningar gjorts på ett lager av olika vanliga bottenfärger.

Ett färglager av en vanlig kopparfärg för användning på västkusten gav ett XRF-mätvärde på ca $4\,000 \mu\text{g koppar/cm}^2$ och ett lager av en vanlig Östersjöfärg motsvarar ca $1100 \mu\text{g koppar/cm}^2$.

När det gäller zink så motsvarar ett nymålat färglager av en vanlig västkustfärg ca $1\,600 \mu\text{g zink/cm}^2$ och ett lager av Östersjöfärg motsvarar ca $2000 \mu\text{g zink/cm}^2$.

Ett lager av två olika tennfärger gav värden med XRF-metodiken på 300 respektive 800 µg tenn/cm².

För att kunna jämföra era resultat med vad som har uppmätts på andra båtar har Happy Boat sammanställt medelvärden från de ca 2000 mätningar som har utförts i Sverige. Fördelningen av medelvärden av 6-8 mätningar per båt presenteras i tabell 1. Värden är uttryckta i µg/cm². Tidigare publicerade resultat från XRF-undersökningar utförda i Sverige finns i Ytreberg et al. (2016).

Tabell 1. Fördelningen hos medelvärden (6-8 mätvärden per båt) av nästan 2000 mätningar i Sverige. Värden är uttryckta i µg/cm².

Metall	25 %	25-50 %	50-75 %	75-90 %	90-100 %
Tenn			< 50	50 - 140	> 140
Koppar	< 400	400-1900	1900-4000	4000-9000	> 9000
Zink	< 300	300-2000	2000-4500	4500-8000	> 8000

4. RESULTAT AV XRF-MÄTNINGAR PÅ BÅTAR TILLHÖRANDE ÅRSTAVIKENS SEGELSÄLLSKAP

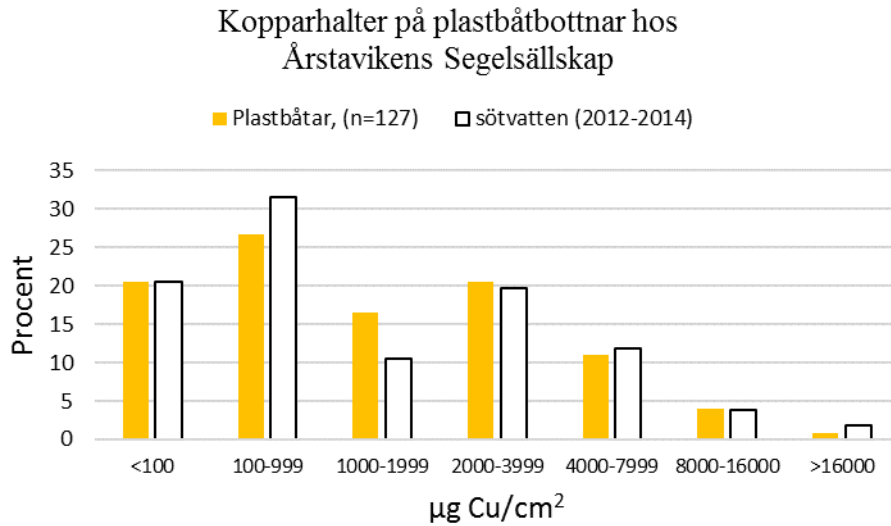
Totalt har 148 båtar tillhörande medlemmar hos Årstavikens Segelsällskap mätts av Happy Boat AB. Av dessa var 127 av plast, 21 var träbåtar och en hade stålskrov. Samtliga resultat för varje båt redovisas i Bilaga A. Dessutom har medelvärden för samtliga mätdata per båt beräknats som också finns redovisade i Bilaga A. Ytterligare en del plastbåtar som uppgavs vara skrovrena kontrollerades med en enstaka mätning.

Fördelningen inom klubben för halter av koppar, zink och tenn på plastbåtarna presenteras grafiskt i Figur 2, Figur 3, Figur 4 och Figur 5. För att kunna koppla mätvärden till respektive båt har varje båt fått ett identitetsnummer efter ägarens medlemsnummer samt ett löpnummer efter Happy Boats mätordning (HB nr).

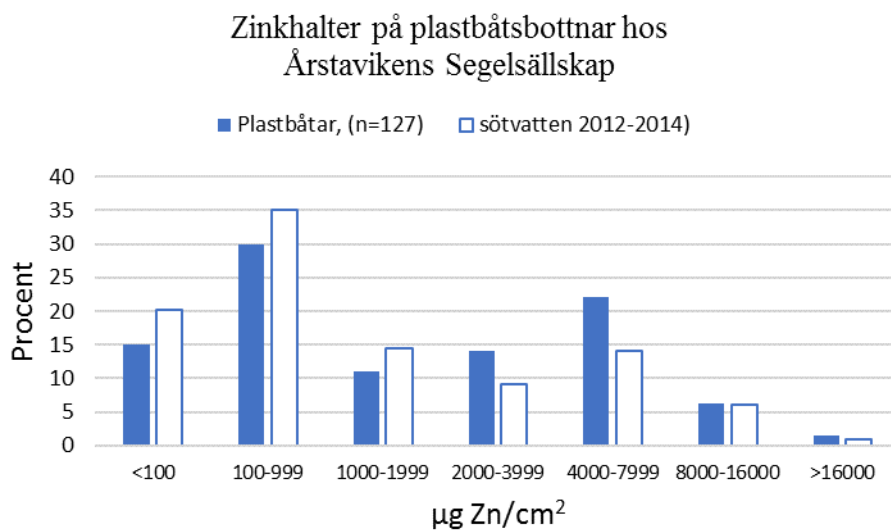
Tidigare publicerade resultat från XRF-undersökningar utförda i Sverige finns i Ytreberg et al. (2016).

4.1 Resultat för plastbåtar inom Årstavikens Segelsällskap

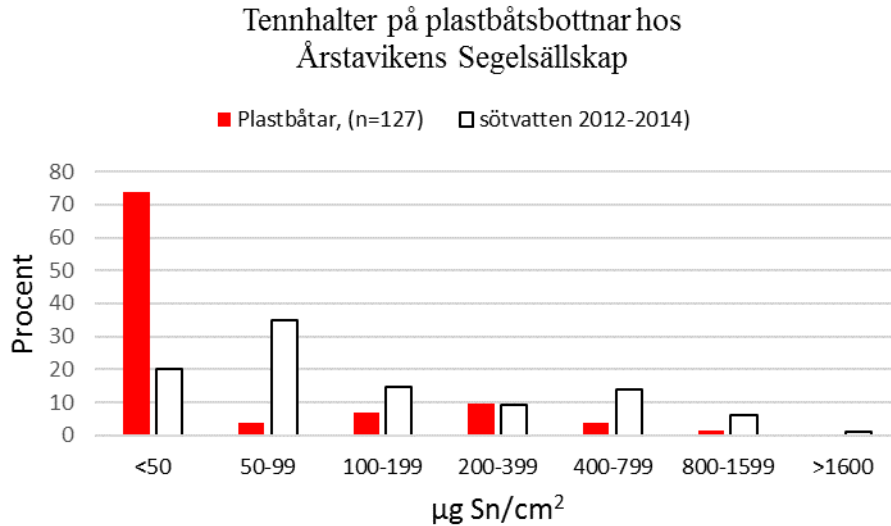
Fördelningen av medelvärdena (6-8 mätpunkter/båt) för plastbåtarna inom klubben för metallerna koppar, zink, tenn och bly visas i Figur 2, Figur 3, Figur 4 och Figur 5.



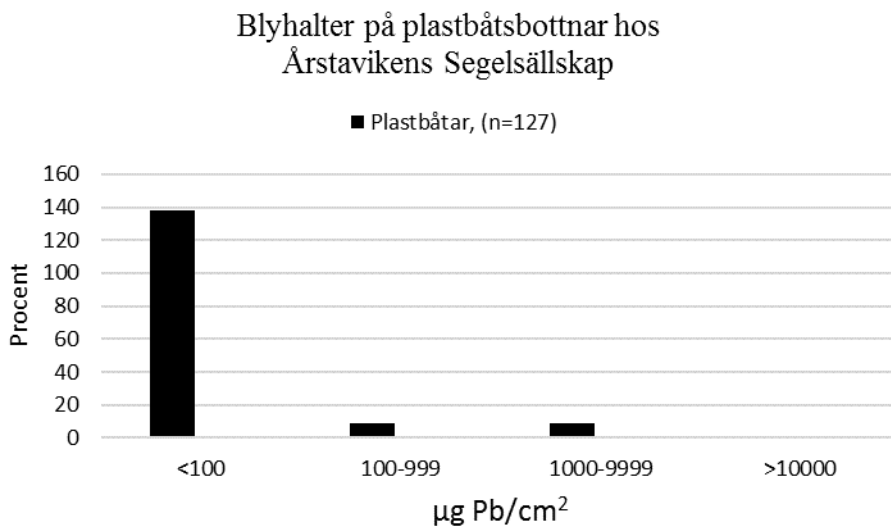
Figur 2. Fördelningen i procent av kopparhalter på plastbåtskrov inom Årstavikens Segelsällskap i jämförelse med tidigare data från 2012-2014 båtar i sötvatten (Ytreberg et al 2016). Som jämförelse kan nämnas att ett nymålat färglager med västkustfärg motsvarar ca 4000 µg koppar/cm² och ett lager av en vanlig Östersjöfärg motsvarar ca 1100 µg koppar/cm².



Figur 3. Fördelningen i procent av zinkhalter på plastbåtskrov inom Årstavikens Segelsällskap i jämförelse med tidigare data från 2012-2014 båtar i sötvatten (Ytreberg et al 2016). Som jämförelse kan nämnas att ett nymålat färglager med en västkustfärg motsvarar ca 1600 µg zink/cm² och en vanlig Östersjöfärg motsvarar ca 2000 µg zink/cm².



Figur 4. Fördelningen i procent av tennhalter på plastbåtskrov hos båtar inom Årstavikens Segelsällskap i jämförelse med tidigare data från 2012-2014 båtar i sötvatten (Ytreberg et al 2016). Som jämförelse kan nämnas att ett nymålat färglager med två olika TBT-färger gav värden på 300 respektive 800 µg tenn/cm².



Figur 5. Fördelningen i procent av blyhalter på plastbåtskrov hos båtar inom Årstavikens Segelsällskap. Det finns inga tillgängliga publicerade data på blyförekomst från tidigare undersökningar.

4.1.1 Kopparhalter på plastbåtar inom Årstavikens Segelsällskap

Av de 127 mätta plastbåtarna hade 67 stycken (53 %) högre kopparhalter än 1000 µg Cu/cm² och 20 stycken (16 %) hade högre halter än 4000 µg Cu/cm². Maxmedelvärdet på en båt var 18 300 µg Cu/cm². 26 av båtarna (20 %) hade medelvärdeshalter under kvantifieringsgränsen 100 µg Cu/cm² på sina båtbottnar

4.1.2 Zinkhalter på plastbåtar inom Årstavikens Segelsällskap

Av de 127 mätta plastbåtarna hade 56 stycken (44 %) högre zinkhalter än $2000 \mu\text{g Zn/cm}^2$. Maxmedelvärdet på en båt var $17\,100 \mu\text{g Zn/cm}^2$. Medelvärdet på 19 av båtskroven (15 %) var under kvantifieringsgränsen $100 \mu\text{g Zn/cm}^2$.

4.1.3 Tennhalter på plastbåtar inom Årstavikens Segelsällskap

Av de 127 mätta plastbåtarna hade två båtar högre tennhalt än $800 \mu\text{g Sn/cm}^2$ och totalt 13 båtar (10 %) hade högre halter än $300 \mu\text{g Sn/cm}^2$. 28 båtar (22 %) hade högre medelvärden än $100 \mu\text{g Sn/cm}^2$. Maxmedelvärdet på en båt var $1500 \mu\text{g Sn/cm}^2$. Medelvärdet på 94 av båtskroven (74 %) var under kvantifieringsgränsen på $50 \mu\text{g Sn/cm}^2$.

4.1.4 Blyhalter på plastbåtar inom Årstavikens Segelsällskap

Bland de 127 mätta plastbåtarna fanns det sju båtar (8,5 %) med en medelhalt mellan 1000 och $10\,000 \mu\text{g Pb/cm}^2$ och sju stycken (8,5 %) som hade blyhalter mellan 100 och $1000 \mu\text{g Pb/cm}^2$. De flesta av dessa båtar var gula, brandgula eller röda och hade ännu högre blyhalter uppe på fribordet. De höga blyhalterna kan troligen bero på att det i gelcoaten har tillsatts blyulfokromat eller blykromatmolybdatsulfat, som ger gula och röda färger.

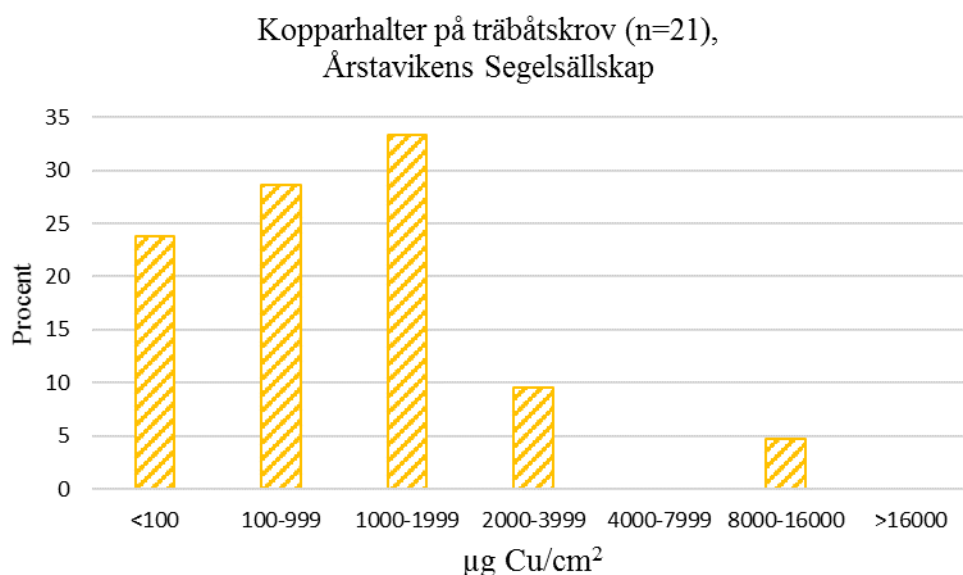
4.1.5 Mätta oidentifierade plastbåtar inom Årstavikens Segelsällskap

En plastbåt på trailer mättes av Happy Boat AB och fick löpnumret 66. Båten var inte försedd med en namnbricka. Eftersom båten var bortforslad från platsen då Årstavikens funktionärer skulle utreda ägarskapet kunde inte detta fastställas.

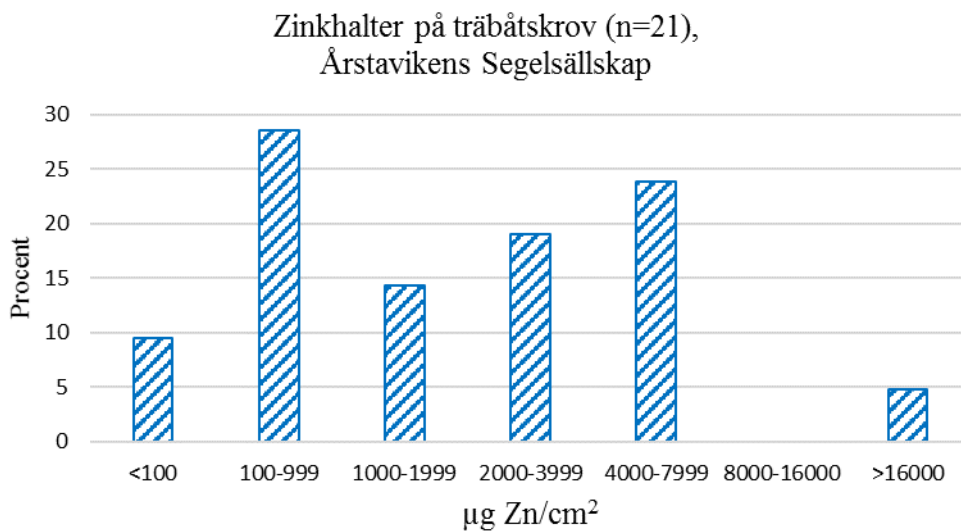
4.2 Resultat för träbåtar inom Årstavikens Segelsällskap

Det mättes 21 stycken träbåtar tillhörande Årstavikens Segelsällskap. Mätmetoden är kalibrerad för plastbåtar och har därmed inte samma tillförlitlighet för träbåtar. Högre värden för en metall hos en träbåt ger dock en indikation om metallinnehållet på skrovbotten. Vi har gjort kontrollmätningar med olika träslag som bakgrund och ek och mahogny ger liknande värden som plast för tenn men vid mätning på en furubåt så överskattas värdet med ca 20 %. För koppar och zink överskattas värdet med ca 15 % för en ekbåt medan värdet på en furubåt är överskattat med mellan 20 och 30 %.

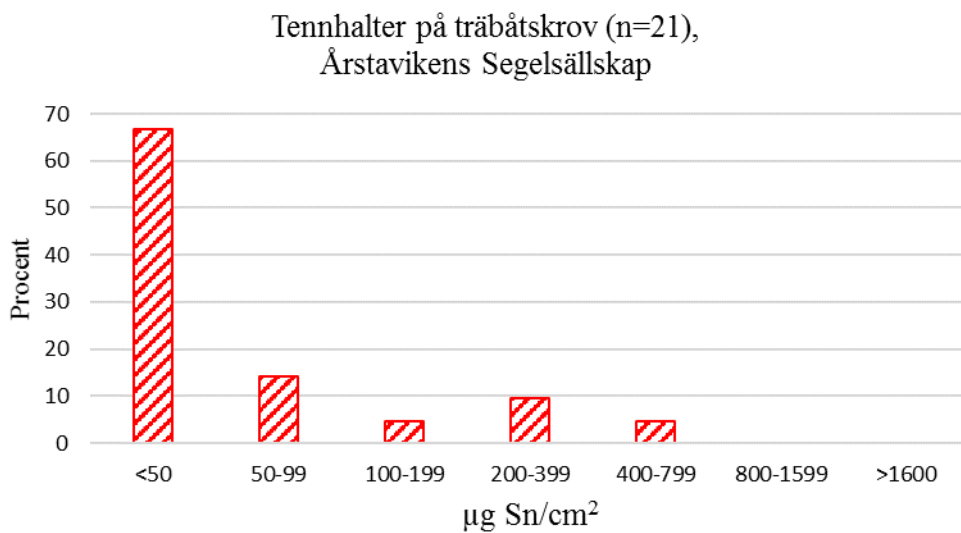
Antal båtar och den procentuella fördelningen av medelvärden av koppar, zink, tenn och bly för träbåtarna visas i Tabell 1, Tabell 2, Tabell 3 respektive Tabell 4.



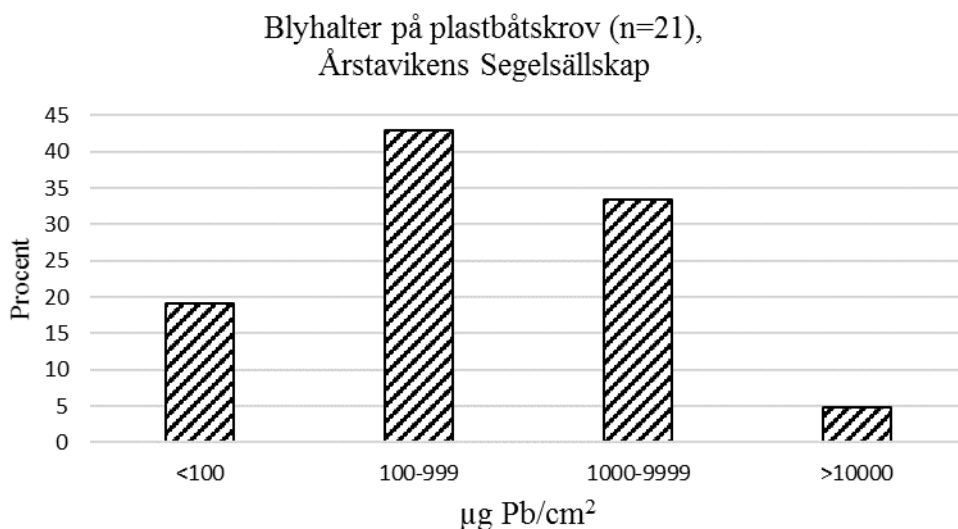
Figur 6. Fördelningen i procent av kopparhalter på träbåtskrov inom Årstavikens Segelsällskap. Som jämförelse kan nämnas att ett nymålat färglager med västkustfärg motsvarar ca 4000 µg koppar/cm² och ett lager av en vanlig Östersjöfärg motsvarar ca 1100 µg koppar/cm².



Figur 7. Fördelningen i procent av zinkhalter på träbåtskrov inom Årstavikens Segelsällskap. Som jämförelse kan nämnas att ett nymålat färglager med en västkustfärg motsvarar ca 1600 µg zink/cm² och en vanlig Östersjöfärg motsvarar ca 2000 µg zink/cm²



Figur 8. Fördelningen i procent av tennhalter på plastbåtskrov hos båtar inom Årstavikens Segelsällskap. Som jämförelse kan nämnas att ett nymålat färglager med två olika TBT-färger gav värden på 300 respektive 800 µg tenn/cm².



Figur 9. Fördelningen i procent av blyhalter på träbåtskrov hos båtar inom Årstavikens Segelsällskap. Det finns inga tillgängliga publicerade data på blyförekomst från tidigare undersökningar.

När det gäller kopparhalter hade 10 av de mätta träbåtarna (48 %) högre halter än 1000 µg koppar/cm². Högre zinkhalter än 2000 µg Zn/cm² fanns på tio (48 %) av träbåtarna inom Årstavikens Segelsällskap. Fyra (19 %) av träbåtarna hade tennhalter > 100 µg/cm². Medelvärdena på dessa låg mellan 200 och 399 µg Sn/cm².

Bland de sex mätta träbåtarna inom Årstavikens Segelsällskap hade tre av båtarna blyhalter i intervallet 1000 – 9999 och tre i intervallet 100-999 Pb/cm². Fyra (19 %) av träbåtarna hade lägre blyhalt än 100 µg Pb/cm².

Trosa 2017-05-05

Britta och Göran Eklund

HappyBoat AB

5. REFERENSER

Eklund, B., Ytreberg E 2016. Enkelt att mäta gifter på båtskrov. Havsutsikt 2016 nummer 1.

Lagerström, M. 2016. Occurrence of antifouling paint biocides from leisure boats in the environment. Licentiate thesis at Department of Environmental Science and Analytical Chemistry, Stockholm University, 2016-06-03.

Ytreberg, E., Lundgren, L., Bighiu, M A, Eklund, B. 2015 New analytical application for metal determination in antifouling paints. Talanta, 143, 121-126.

Ytreberg, E., Bighiu, M. A., Lundgren, L, Eklund, B. 2016. XRF measurements of tin, copper and zinc in antifouling paints coated on leisure boats. Environmental Pollution, Vol 213, 594-599.

Medl.Nr	HB nr	KOPPAR (Cu)								ZINK (Zn)								TENN (Sn)								MEDELVÄRDEN				Kommentar				
		SB bak	SB mitt	SB för	BB för	BB mitt	BB bak	Akter, roder	Akter, roder	SB bak	SB mitt	SB för	BB för	BB mitt	BB bak	Akter, roder	Akter, roder	SB bak	SB mitt	SB för	BB för	BB mitt	BB bak	Akter, roder	Akter, roder	Koppar	Zink	Tenn	By					
2151	141	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	220	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1600	3900	1700	7600	6500	16000	3200	7300	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	100	6000	<LOQ	<LOQ	M
2180	45	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	7600	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	100	1000	<LOQ	100	M		
2187	74	6800	<LOQ	1700	2000	1300	3000	2300	6200	630	310	3600	8900	11000	3400	11000	340	70	<LOQ	<LOQ	72	84	<LOQ	120	180	2900	5000	100	100	S				
2195	76	4700	4400	3400	2800	2200	2200			1700	1600	1500	860	980	970			300	430	500	87	480	460			3300	1300	400	<LOQ	M, aktern oåtkomlig				
2196	139	9100	6700	12000	12000	7300	9600	12000	14000	1400	400	160	280	220	880	150	200	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	10300	500	<LOQ	<LOQ	M				
2197	1	1700	2500	1800	2300	1700	3400	2000	1300	10000	11000	11000	9900	9500	12000	11000	8400	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	2100	10300	<LOQ	<LOQ	S				
2198	118	1400	5400	3100	1100	280	1200	3500	1400	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	2200	<LOQ	<LOQ	100	S				
2200	142	4300	3900	3500	2100	1100	4700	3100	3200	5800	8900	7500	4700	2100	8100	7700	8000	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	3200	6600	<LOQ	100	M				
2203	56	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	110	120	110	<LOQ	140	120	120	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	100	100	<LOQ	<LOQ	M				
2220	134	1800	1300	2500	3000	1800	1200	1700	2800	2100	880	2600	1900	1300	500	980	1800	52	76	51	83	<LOQ	<LOQ	66	200	2000	1500	100	<LOQ	M				
?	66	170	180	<LOQ	<LOQ	250	<LOQ	150	230	14000	16000	2500	1800	16000	7600	11000	15000	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	100	10300	<LOQ	<LOQ	M				
151a	114	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	330	180	400	<LOQ	840	<LOQ	<LOQ	180	100	61	200	<LOQ	400	<LOQ	<LOQ	58	<LOQ	300	100	<LOQ	eka framför segelbåten 151				
151b	115	5100	4800	3900	1500	2800	3700	<LOQ	<LOQ	<LOQ	210	150	6200	2900	<LOQ	<LOQ	<LOQ	570	460	310	440	420	260	<LOQ	<LOQ	2800	1300	300	<LOQ	S				

LOQ = limit of quantification (kvantifieringsgräns)