



# Happy Boat

GIFTFRI BOTTEN - FRISKARE HAV

Happy Boat rapportnummer 18-7

## Bestämning av tenn, koppar, zink, och bly på båtbottnar hos Nynäshamns Segelsällskap

Britta och Göran Eklund

2018-04-27

---

**Betalningsmottagare**

Happy Boat AB  
Lundagatan 11  
619 34 Trosa  
[www.happyboat.se](http://www.happyboat.se)

**Telefon**

073-6600011

**E-postadress**

[britta.eklund@happyboat.se](mailto:britta.eklund@happyboat.se)  
[goran.eklund@happyboat.se](mailto:goran.eklund@happyboat.se)

**Bankgiro**

164-9342

**Organisationsnummer**

559066-0238

**Godkänd för F-skatt**



# 1. UPPDRAGET

Nynäshamns Segelsällskap (NSS) har anlitat Happy Boat AB för att utföra mätningar av halten koppar, zink, tenn och bly på båtar som klubben hade valt ut. Mätningen utfördes med röntgenfluorescensteknik (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
3. METOD .....	4
3.1 Metod – mätning på målat båtskrov .....	5
3.2 Jämförelsedata .....	6
4. RESULTAT av XRF-MÄTNINGAR.....	7
4.1 Resultat plastbåtar.....	7
4.1.1 Kopparhalter på plastbåtsbottnar.....	7
4.1.2 Zinkhalter på plastbåtsbottnar .....	8
4.1.3 Tennhalter på plastbåtsbottnar .....	8
4.1.4 Blyhalter på plastbåtsbottnar .....	9
4.2 Resultat träbåtar .....	9
4.2.1 Kopparhalter på träbåtsbottnar .....	10
4.2.2 Zinkhalter på träbåtsbottnar .....	11
4.2.3 Tennhalter på träbåtsbottnar .....	11
4.2.4 Blyhalter på träbåtsbottnar .....	12
4.3 Resultat metallbåtar .....	12
4.3.1 Metallhalter på aluminiumbåtsbottnar .....	12
4.3.2 Metallhalter på stålåtsbottnar .....	14
4.4 Resultat skrovrena båtar .....	14
5. DISKUSSION.....	14
6. REFERENSER .....	16

## Bilaga A - Resultat 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 som har varit förbjuden sedan 1989.

**Tenn** ingår i alla tennorganiska föreningar. Den vanligaste 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 hos äldre träbåtar, som har målats med blyhaltig färg, som blymönja.

## 3. METOD

Båtskrovmätning av NSSs båtar utfördes den 23 till den 25 mars 2018 av Happy Boat AB ([www.happyboat.se](http://www.happyboat.se)). Mätningen utfördes med ett handhållet röntgenfluorescens-instrument som är särskilt kalibrerat för mätning av tenn, koppar, bly och zink på plastbåtskrov (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 båtbotten (Lagerström et al. 2016), förmodligen i inre färglager.

### 3.1 Metod – mätning på målat båtskrov

Båtarna låg upplagda på båtklubbens uppläggningsplats i Nynäshamn. Under mätningen fanns två funktionärer från klubben till hands som hjälpte till och angav båtnummer för respektive båt.

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

För att få tillförlitliga medelvärden har varje båt i undersökningen mätts på 8 platser på undervattenskroppen. 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).



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 rodret). 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. Värden 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  $\mu\text{g bly/cm}^2$ .

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

### 3.2 Jämförelsedata

För att få en uppfattning om vad XRF-värdena 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  $\mu\text{g tenn/cm}^2$ .

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  $\mu\text{g/cm}^2$ . Tidigare publicerade resultat från XRF-undersökningar utförda i Sverige finns i Ytreberg et al. (2016).

Tabell 1. Fördelningen av medelvärden (6-8 mätvärden per båt) för omkring 2000 båtar i Sverige. Värden är uttryckta i  $\mu\text{g metall/cm}^2$ .

Metall	25 %	25 %	25 %	15 %	10 %
<b>Koppar</b>	< 400	400-1900	1900-4000	4000-9000	>9000
<b>Zink</b>	< 300	300-2000	2000-4500	4500-8000	>8000
<b>Tenn</b>	På 75 % av båtarna uppmättes inget tenn			50-140	>140

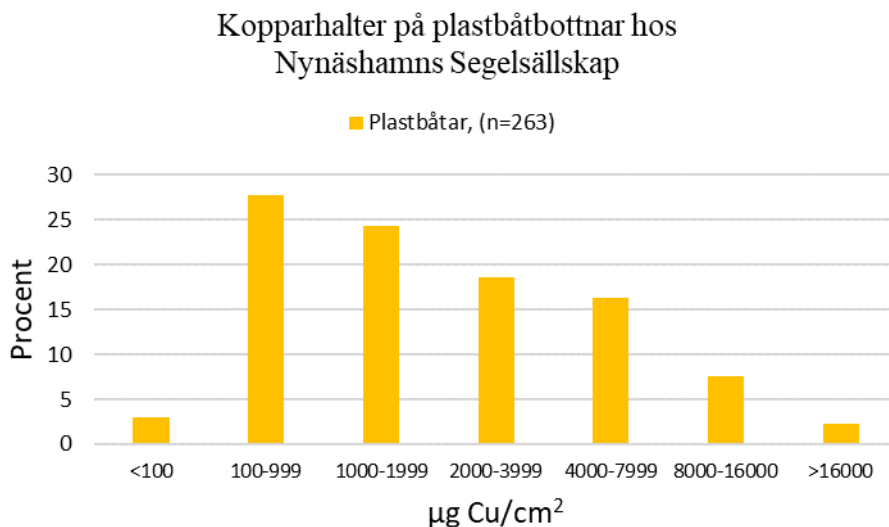
## 4. RESULTAT AV XRF-MÄTNINGAR

Totalt mättes 285 stycken båtar av Happy Boat AB. Av dessa var 263 av plast, tio var träbåtar och tolv stycken gjorda av metall (aluminium eller stål). Samtliga mätresultat för varje båt redovisas i resultatbilagan. Dessutom har medelvärden för alla mätdata per båt beräknats som också finns redovisade i resultatbilagan. Varje båt hade märkts med ett nummer som identifiering, där klubben vet vem som är ägare.

### 4.1 Resultat plastbåtar

Fördelningen av medelvärdena för de mätta plastbåtarna inom klubben för metallerna koppar, zink, tenn och bly visas i Figur 2, Figur 3, Figur 4 och Figur 5.

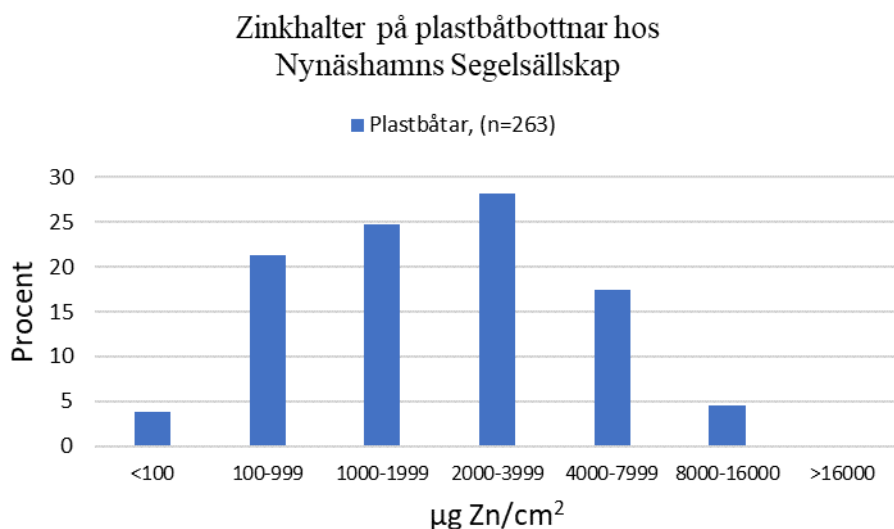
#### 4.1.1 Kopparhalter på plastbåtsbottnar



Figur 2. Fördelningen i procent av kopparhalter på plastbåtskrov inom Nynäshamns Segelsällskap. Som jämförelse kan nämnas att ett nymålat färglager med västkustfärg motsvarar ca 4000 µg koppar/cm<sup>2</sup> och ett lager av en vanlig Östersjöfärg motsvarar ca 1100 µg koppar/cm<sup>2</sup>.

Av de 263 mätta plastbåtarna hade 182 stycken (69%) högre kopparhalter än 1000 µg Cu/cm<sup>2</sup> och maxmedelvärdet bland båtarna var 21 400 µg Cu/cm<sup>2</sup>. Åtta av båtarna (3 %) hade en medelvärdeshalt under kvantifieringsgränsen på 100 µg Cu/cm<sup>2</sup>.

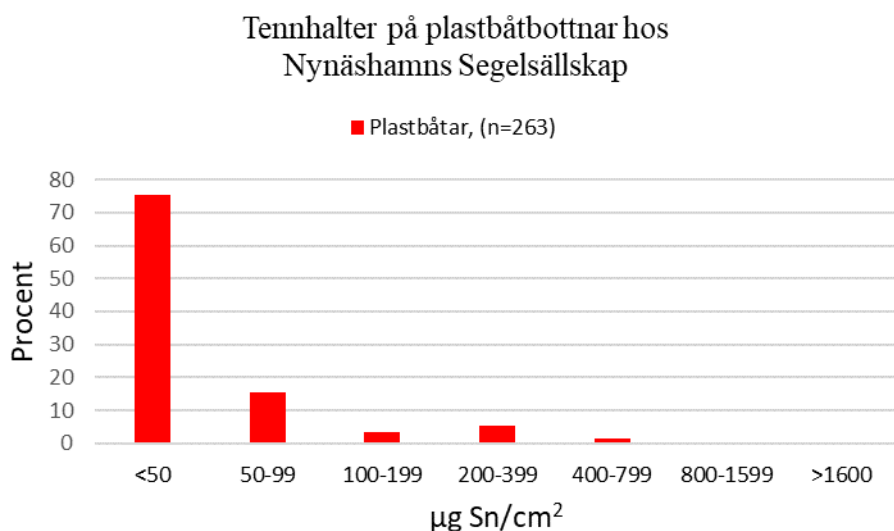
#### 4.1.2 Zinkhalter på plastbåtsbottnar



Figur 3. Fördelningen i procent av zinkhalter på plastbåtskrov inom Nynäshamns Segelsällskap. Som jämförelse kan nämnas att ett nymålat färglager med en västkustfärg motsvarar ca 1600 µg zink/cm<sup>2</sup> och en vanlig Östersjöfärg motsvarar ca 2000 µg zink/cm<sup>2</sup>

Av de 263 mätta plastbåtarna hade 197 stycken (75 %) högre halter än 1000 µg Zn/cm<sup>2</sup> och 132 stycken (50 %) högre zinkhalter än 2000 µg Zn/cm<sup>2</sup>. Tio av båtskroven (6 %) var under kvantifieringsgränsen 100 µg Zn/cm<sup>2</sup>. Maxmedelvärdet för zink var 10 200 µg Zn/cm<sup>2</sup>.

#### 4.1.3 Tennhalter på plastbåtsbottnar



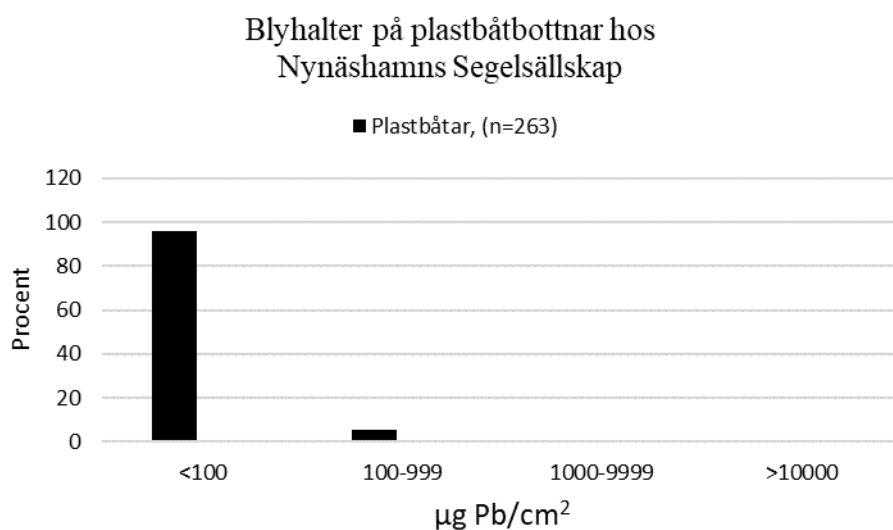
Figur 4. Fördelningen i procent av tennhalter på plastbåtskrov hos båtar inom Nynäshamns Segelsällskap. Som jämförelse kan nämnas att ett nymålat färglager med två olika TBT-färger gav värden på 300 respektive 800 µg tenn/cm<sup>2</sup>.



Av de 263 mätta plastbåtarna hade 28 båtar (10,6 %) högre medelhalter än 100 µg Sn/cm<sup>2</sup> och det högsta medelvärdet var 870 µg Sn/cm<sup>2</sup>. 195 av båtskroven (74 %) var under kvantifieringsgränsen på 50 µg Sn/cm<sup>2</sup> och 235 (89 %) var under 100 µg Sn/cm<sup>2</sup>.

Ibland påträffas tenn i något förhöjda halter, 50-110 µg Sn/cm<sup>2</sup>, även på nyare båtar. Detta är då korrelerat till höga halter av koppar (>10 000 µg Cu/cm<sup>2</sup>) och beror troligen på att man i koppabaserade färger har använt återvunnen koppar där det kan finnas oorganiskt tenn som förorening.

#### 4.1.4 Blyhalter på plastbåtsbottnar



Figur 5. Fördelningen i procent av blyhalter på plastbåtskrov hos båtar inom Nynäshamns Segelsällskap.

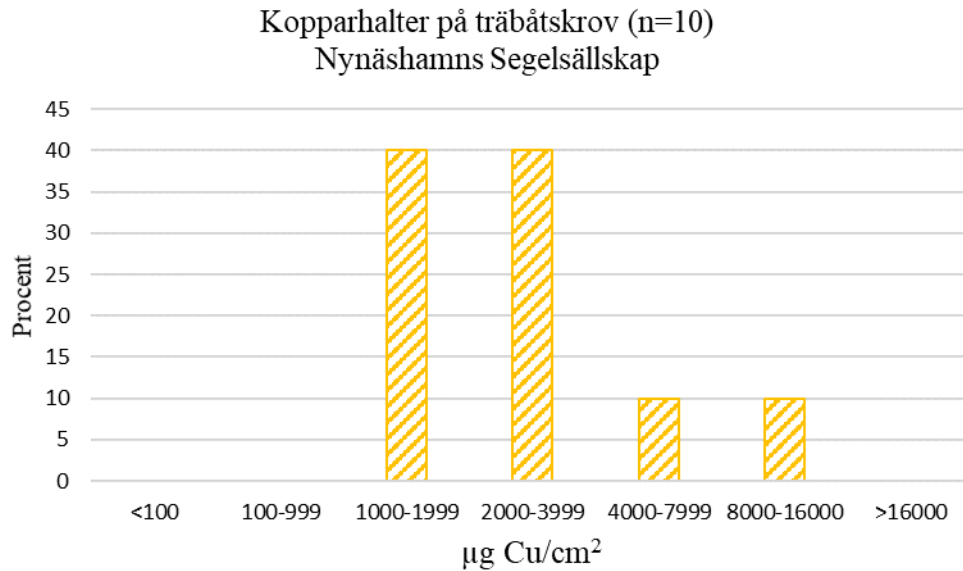
248 av de mätta plastbåtarna (96 %) hade blyhalter under kvantifieringsgränsen 100 µg Pb/cm<sup>2</sup>. Fjorton av plastbåtarna (5,4 %) hade blyhalter mellan 100 och 999 µg Pb/cm<sup>2</sup>. På en av plastbåtarna uppmättes ett medelvärde på 1100 µg Pb/cm<sup>2</sup>. Några av dessa båtar var gula/oranga eller röda och de höga blyhalterna kan bero på att det i gelcoaten har tillsatts blykromat (gul) eller blymolybdat (orange). Många av båtarna var dock vita men kan ha varit övermålade färgade båtar och hade då högre blyhalter vid mätning på fribordet. Flera helt vita båtar hade dock högre blyhalter på undervattensskrovet och inte på fribordet. Orsaken till detta är okänt.

## 4.2 Resultat träbåtar

Tio träbåtar mättes hos Nynäshamns 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. Ek och mahogny ger liknande värden som

med plastbakgrund 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 %.

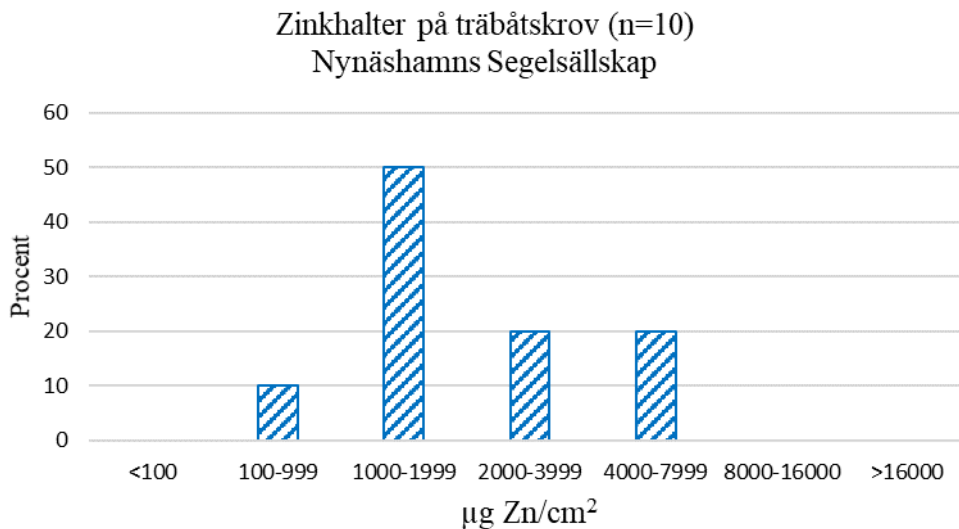
#### 4.2.1 Kopparhalter på träbåtsbottnar



Figur 6. Fördelningen i procent av kopparhalter på träbåtskrov inom Nynäshamns Segelsällskap. Som jämförelse kan nämnas att ett nymålat färglager med västkustfärg motsvarar ca 4000 µg koppar/cm<sup>2</sup> och ett lager av en vanlig Östersjöfärg motsvarar ca 1100 µg koppar/cm<sup>2</sup>.

Alla mätta 10 träbåtar hade kopparhalter över 1000 µg/cm<sup>2</sup>. Sex av båtarna hade över 2000 µg Cu/cm<sup>2</sup> och maxmedelvärdet bland träbåtarna var 11 500 µg Cu/cm<sup>2</sup>.

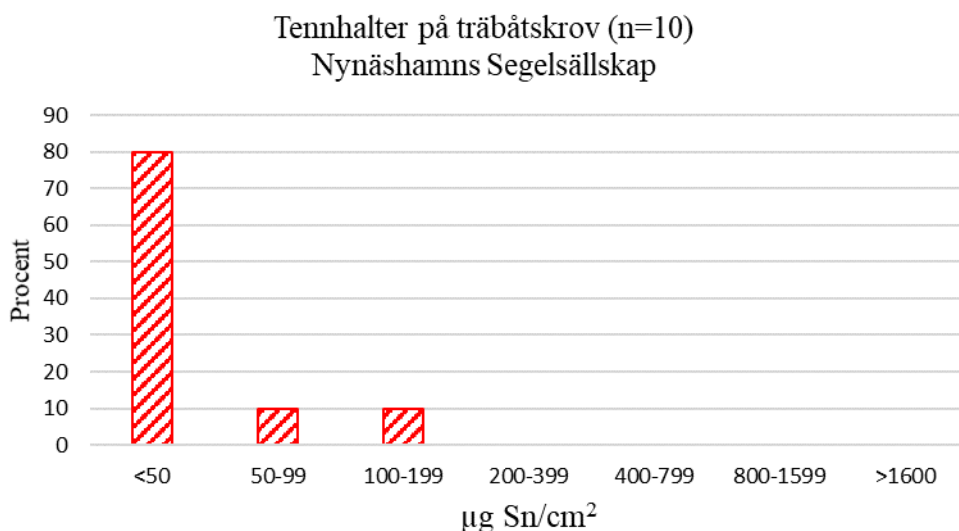
#### 4.2.2 Zinkhalter på träbåtsbottnar



Figur 7. Fördelningen i procent av zinkhalter på träbåtskrov inom Nynäshamns Segelsällskap. Som jämförelse kan nämnas att ett nymålat färglager med en västkustfärg motsvarar ca 1600 µg zink/cm<sup>2</sup> och en vanlig Östersjöfärg motsvarar ca 2000 µg zink/cm<sup>2</sup>

Av de tio mätta träbåtarna hade en båt ett medelvärde under 1000 µg zink/cm<sup>2</sup> och nio högre halt än 1000 µg zink/cm<sup>2</sup>. Fyra båtar hade högre halt än 4000 µg zink/cm<sup>2</sup> varav två låg i intervallet 4000-7999 µg zink/cm<sup>2</sup> med ett maxmedelvärde på 7 900 µg zink/cm<sup>2</sup>.

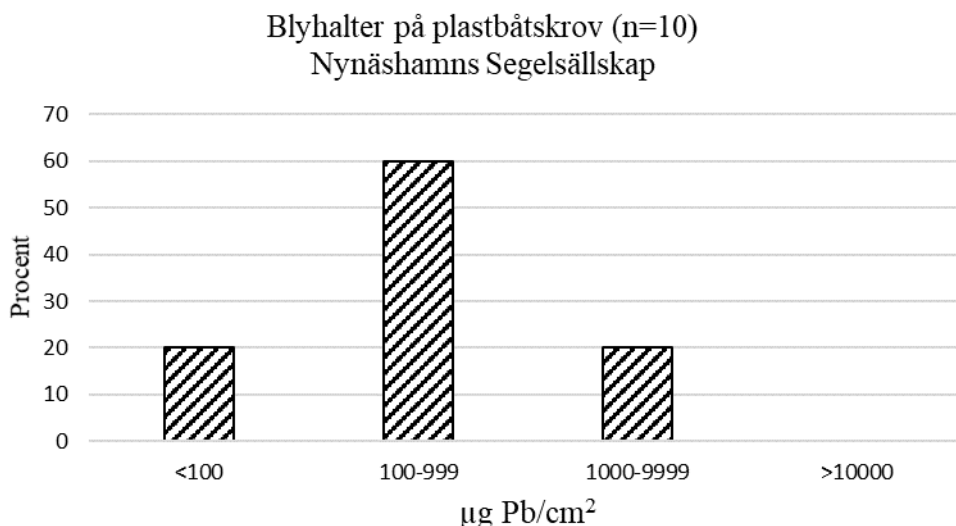
#### 4.2.3 Tennhalter på träbåtsbottnar



Figur 8. Fördelningen i procent av tennhalter på träbåtskrov hos båtar inom Nynäshamns Segelsällskap. Som jämförelse kan nämnas att ett nymålat färglager med två olika TBT-färger gav värden på 300 respektive 800 µg tenn/cm<sup>2</sup>.

På åtta av de tio träbåtarna uppmättes inget tenn över kvantifieringsgränsen på 50  $\mu\text{g}$  tenn/ $\text{cm}^2$ . Av de resterande två hade en ett medelvärde på 51 och den andra 120  $\mu\text{g}$  tenn/ $\text{cm}^2$ .

#### 4.2.4 Blyhalter på träbåtsbottnar



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

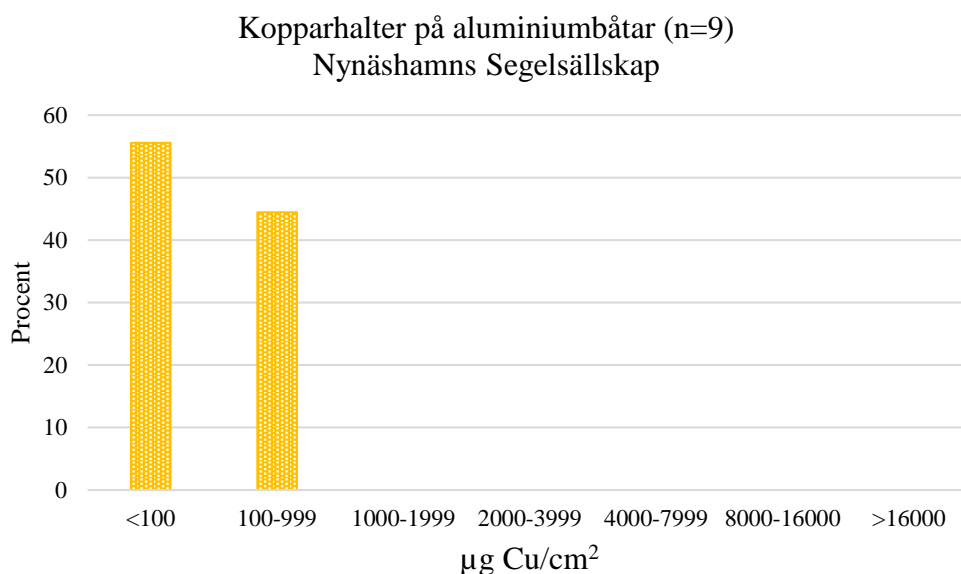
Alla utom två av träbåtarna hade bly i sin bottenfärg. Sex av båtarna hade bly i intervallet 100-999  $\mu\text{g}$  bly/ $\text{cm}^2$  och två i intervallet 1000-9999  $\mu\text{g}$  bly/ $\text{cm}^2$ . Båtarna har troligen, liksom de flesta träbåtar, varit behandlade med blymönja som är orsaken till blyhalterna.

### 4.3 Resultat metallbåtar

Det fanns tolv båtar av metall som mättes hos NSS. Nio av båtarna var av aluminium och tre av stål. Mätmetoden som vi har använt är kalibrerad för plastbåtar och har därmed inte samma tillförlitlighet för båtar byggda av annat material. Högre värden för koppar, zink och tenn eller bly på skrovbotten av plåt- eller aluminiumbåta ger dock en indikation om metallinnehållet i bottenfärgen. Vi har gjort kontrollmätningar med järn som bakgrund och för koppar och zink blir det en överskattning med ca 80 % för båtar med järnskov och för tenn en överskattning med ca 60 %. För bly har inga sådana jämförande mätningar utförts.

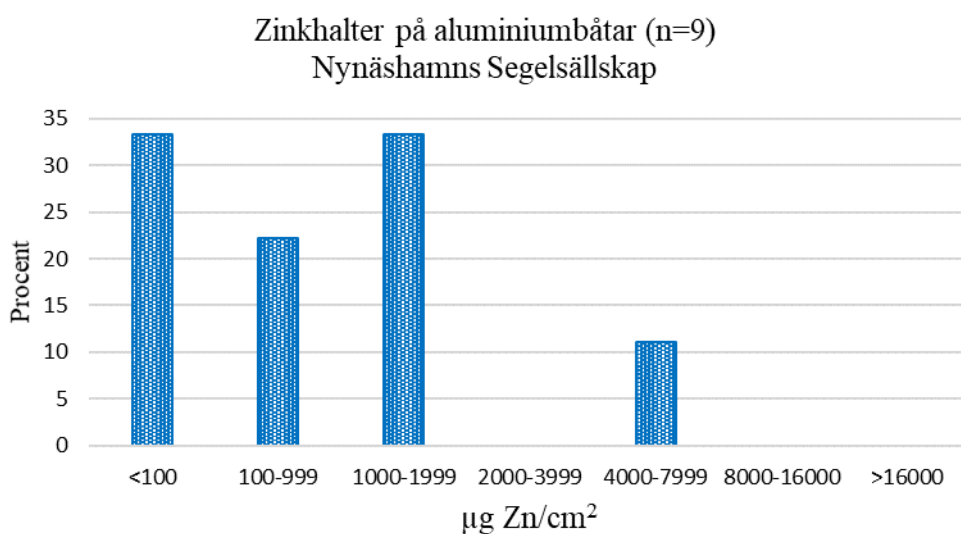
#### 4.3.1 Metallhalter på aluminiumbåtsbottnar

Inget tenn eller bly uppmättes på någon av aluminiumbåtarna. Resultaten för koppar och zink redovisas i figurerna 10 och 11 nedan.



Figur 10. Fördelningen i procent av kopparhalter på aluminiumbåtskrov inom Nynäshamns Segelsällskap.

De flesta hade inget eller väldigt låga kopparhalter. Den båt där det återfanns högst värden hade en medelvärdeshalt på 900 µg Cu/cm<sup>2</sup>.



Figur 11. Fördelningen i procent av zinkhalter på aluminiumbåtskrov inom Nynäshamns Segelsällskap.

Tre av båtar hade ingen zink, två hade halter mellan 100 och 999 µg Zn/cm<sup>2</sup> och tre hade halter i intervallet 1000 och 1999 µg Zn/cm<sup>2</sup>. Maxmedelvärdet av samtliga var på 7 100 µg Zn/cm<sup>2</sup>.

### 4.3.2 Metallhalter på stålåbåsbottnar

Ingen av stålåbåtarna hade något bly och två av dem hade inget tenn. Den tredje båten hade ett tennmedelvårde på 67  $\mu\text{g Sn/cm}^2$ . Men eftersom detta värde är överskattat med ca 60 % eftersom det är stålåbakgrund så ligger det ändå under kvantifieringsgränsen på 50  $\mu\text{g Sn/cm}^2$ . Både koppar och zinkvärdena är höga på pappret men eftersom de är överskattade med ca 80 % så är det mer i nivå med ett eller två lager Östersjöfårg.

För aluminiumbåtar är värde i resultattabellen överskattat med ca 30 % för tenn och ca 40 % för koppar och zink.

## 4.4 Resultat skrovrena båtar

Av de totalt 281 båtar som mättes hos NSS fanns det bland plastbåtarna fyra stycken där inga metaller över kvantifieringsgränsen kunde mätas och en som endast hade 100  $\mu\text{g Zn/cm}^2$ . Dessutom fanns det sju stycken skrovrena plastbåtar som inte ingick i mätningen. Ingen av de tio mätta träbåtarna eller de tre stålåbåtarna kan betecknas som skrovren. Bland de nio mätta aluminiumbåtarna var två skrovrena och en hade endast 100  $\mu\text{g Zn/cm}^2$ .

## 5. DISKUSSION

Tennorganiska föreningar har varit förbjudet sedan 1989 i Sverige och inom EU och ska i princip ha fasats ut och inte förekomma alls. Med den XRF-teknik som används vid mätning av båtar mäts halten oorganiskt tenn i samtliga lager bottenfårg på båten och utgör en indikation om förekomst av tennorganiska föreningar. Sambandet mellan uppmätt tenn med den kalibrerade XRF-tekniken och förekomst av tennorganiska föreningar har studerats och en linjärt samband påvisades ( $R^2 = 0,934$ ) (Lagerström et al. 2016).

På en del båtar kan man få tennvärden på mellan 50 och 100  $\mu\text{g Sn/cm}^2$ . Om det handlar om båtar byggda några år efter förbudet av tennorganiska färger infördes 1989 är det osannolikt att det finns tennorganiska föreningar på båten. Dessa något förhöjda tennhalter kan istället bero på att den koppar som används i nyare kopparfårger är återvunnen koppar som kan vara förorenad med oorganiskt tenn och därmed ge högre tennsignal. Bland NSSs båtar finns det några sådana båtar.

Idag finns därför inget riktvårde för vad som ska anses vara högt eller lågt för de olika metallerna. Det pågår arbete bland nationella myndigheter att ta fram riktvården för XRF-vården på båtskrov. Till dess kan resultaten fungera som ett underlag för att utarbeta en handlingsplan inom klubben eventuellt i samarbete med kommunen.

Det kan noteras att de värden som anges är totalhalten av respektive metall i samtliga bottenfårger som finns på båten. Om det finns ett tjockt fårglager på båten så avtar signalen

och det blir en underskattning av värdet. Det bör också noteras att om en båt har behandlats med epoxifärg så finns det som regel en viss mängd av zink i epoxin. Detta zink är bundet och läcker enligt färgproducenterna inte ut från färgen.

När det gäller förekomst av zink så har det i de flesta kopparfärger som säljs på marknaden tillsatts zink för att regelera läckagehastigheten av kopparn.

Trosa 2018-04-27

Britta och Göran Eklund

HappyBoat AB

## 6. REFERENSER

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

Lagerström, M., Strand, J., Eklund, B., Ytreberg, E. 2017. Organotin speciation in historic layers of antifouling paint on leisure boat hulls. *Environmental Pollution*, 220, 1333-1341.

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.

Ytterligare rapporter och vetenskapliga artiklar kan laddas ner från Happy Boats hemsida [www.happyboat.se](http://www.happyboat.se)