

Förekomst av tenn och koppar på bottenmålade fritidsbåtar 2011

Anders Österholm

Miljövetenskap C, Självständigt arbete, 15 högskolepoäng
VT11

Examensarbete vid Ekoteknikprogrammet
Institutionen för Teknik och Hållbar Utveckling (THU)



MITTUNIVERSITETET

Institutionen för Teknik och Hållbar Utveckling (THU)

Examinator: Dr. Erik Grönlund, erik.gronlund@miun.se

Handledare: Dr. Tomas Östberg, tomas.ostberg@jegrelius.se
Dr. Erik Noaksson, erik.noaksson@jegrelius.se

Författarens e-postadress: anders.osterholm@gmail.com

Utbildningsprogram: Ekoteknik, 180 hp

Omfattning: 9 050 ord inklusive bilagor

Datum: 2012-03-15

Sammanfattning

Det har uppmärksammat att det fortfarande förekommer tenn och koppar från båtbottnfärg på fritidsbåtars skrov trots förbud av båtbottnfärger med tennföreningen TBT sedan 1989 och reglering av kopparbaserade färger sedan 1999.

Syftet med denna kandidatuppsats är att ge en dagslägesrapport vad gäller förekomst av tenn och koppar på fritidsbåtars skrov.

Under våren 2011 har tester på 336 fritidsbåtar i tre vattenområden gjorts med hjälp av en handhållen XRF (X-Ray Fluorescence, röntgenfluorescens) som genom avläsning av en yta visar halter av olika grundämnen. Testerna utfördes på vinterförvarade fritidsbåtar <12 m hos båtklubbar vid Mälaren, Storsjön och Härnösandskusten. Undersökningen visar att 73 % av båtarna i denna undersökning har halter av tenn och/eller koppar överstigande >2500 ppm, vilket är det för rapporten satta riktvärdet. Det innebär att de skulle kunna tas vidare till kemisk testning med till exempel gaskromatografi kopplad till masspektrometri (GC-MS) för att avgöra exakt vilken substans färgen innehåller. Resultatet visar också att användningen av tennfärger antingen fortfarande förekommer i liten skala eller att gamla tennfärger är så pass starka att de ger utslag genom övermålade färglager. Kopparfärg verkar användas både vid ostkusten och i insjöar.

Antifoulingssystem som kan ersätta bottenfärg blir allt vanligare och det dyker upp fler och fler mer miljövänliga alternativ på marknaden. Det vanligaste alternativa systemet, båttvättar, blir dock mindre miljövänligt i och med förekomst av gammal färg innehållande skadliga substanser som tvättas av i båtborsttvättar med starkt bristfällig uppsamling och rening av avfallet/slammet.

Abstract

It has been noticed that tin and copper are still present in antifouling paints residing on the hulls of leisure boats, in spite of a ban of TBT-based paints since 1989 and strict regulations regarding copper-based paints since 1999.

This bachelor thesis aims to give the reader a view of the current situation regarding the presence of tin and copper on the hull of leisure boats.

During the spring of 2011, 336 leisure boats in three different waters were tested with a hand-held XRF analyzer (X-Ray Fluorescence). After scanning the surface of a hull the machine displays the paint's proportions of basic elements. Testing was performed on leisure boats, winter-stored at yacht clubs connected to the lakes Mälaren, Storsjön and the coast of Härnösand. In this study 73 % of the tested boats show levels of tin and/or copper exceeding the (for this essay) set limits of 2500 parts per million, which means they could qualify for further testing, gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC-MS) for example, to determine the exact substances in the paints. The results also show that tin-based paints are either still in use, albeit in small scale, or that they are strong enough to detect through another layer(s) of paint. Copper-based paints seem to be used both along the east coast and in fresh-water lakes.

More and more alternative antifouling systems that are capable of replacing paints while being more environmentally friendly are reaching the market. The most common alternative, to wash the boat with brushes or with a high-pressure water jet, is somewhat less environmentally friendly when the boat is painted with harmful substances and the facilities lack proper collection and sanitation of the wastewater.

Förord

Uppsatsen är ett examensarbete i miljövetenskap på kandidatnivå vid Mittuniversitetet, i samarbete med Jegrelius – institutet för tillämpad grön kemi.

Genom arbetet har jag erhållit djupare förståelse om bl.a. Sveriges vattendrag, Sveriges och EU:s miljölagstiftning och toxikologiska effekter hos metaller.

Uppsatsen riktar sig till såväl akademiker som lekmän i hopp om att sprida information om problemen samt bidra till eventuella lösningar.

Redan i början av arbetet togs beslutet att all testning skulle ske anonymt. Syftet är ej att hänga ut individer utan undersöka dagsläget och skapa ett underlag för bedömning av alternativa antifoulingssystem fria från gifter och kemikalier.

Jag vill rikta ett stort tack till mina handledare Tomas Östberg och Erik Noaksson på Jegreliusinstitutet för att jag fått chansen att jobba med er, Afra Noubarzadeh för hjälp med bakgrundscheck och provtagning, Anneli Rudström på Kemikalieinspektionen för bra och tålmodiga svar på frågor samt båtclubbarna för att ni låtit mig testa era båtar.

Nyckelord: Fritidsbåt, bottenfärg, antifouling, tenn, koppar, XRF.

Innehållsförteckning

1	INTRODUKTION	1
1.1	SYFTE	2
1.2	MÅL	2
1.3	OMFATTNING OCH AVGRÄNSNINGAR.....	2
2	ANTIFOULING	3
2.1	TENN (SN) OCH TRIBUTYLTENN (TBT).....	4
2.2	KOPPAR (CU).....	5
2.3	ÖSTERSJÖN, MÅLAREN OCH STORSJÖN	6
2.4	DEN SVENSKA BÅTMARKNADEN	6
3	LAGSTIFTNING	7
3.1	FÖRSIKTIGHETSPRINCIPEN.....	7
3.2	BEHÖRIGHETSKLASSIFICERINGAR	7
3.3	TILLSYN	7
3.4	PÅFÖLJDER	8
3.5	TENNFÖRBUD	8
3.6	KOPPARFÖRBUD	8
4	METOD	9
4.1	URVAL AV MÄTPLATSER.....	9
4.2	XRF	9
4.3	MATERIELBESKRIVNING	9
4.4	METODIK VID MÄTNING.....	10
4.5	ANALYS.....	10
4.6	BEGRÄNSNINGAR	11
4.7	LITTERATURSTUDIER.....	11
5	RESULTAT	12
5.1	UPPMÄTT KONCENTRATION TENN OCH KOPPAR FÖR ALLA BÅTAR I STUDIEN.....	13
5.2	ANDEL BÅTAR MED TENN OCH KOPPAR	14
5.3	MOTORBÅT OCH SEGELBÅT	16
5.4	NY OCH GAMMAL FÄRG	17
6	DISKUSSION	18
7	SLUTSATS	21
8	KÄLLFÖRTECKNING	22
	APPENDIX – METODIKUTVECKLING	I

Förkortningar och begrepp

B. Färg	Bottenfärg
Cu	Koppar
GC-MS	Gas Chromatography - Mass Spectrometry, gaskromatografi kopplad till masspektrometri
GF	Gammal färg
IMO	International Maritime Organization, Internationella Sjöfartsorganisationen
KemI	Kemikalieinspektionen
LOD	Limit of detection, detektionsgräns
MB	Motorbåt
MEPC	Marine Environmental Protection Committee
NM	Nymålad
TBT	Tributyltenn
TS	Torrsubstans, den mängd torrt material som återstår efter fullständig torkning av materialet
SB	Segelbåt
S. Färg	Skrovfärg
Sn	Tenn
U. Färg	Underliggande färg
Vattenförekomst	En avgränsad och betydande vattenförekomst, till exempel en sjö, flod, ett magasin eller en kustvattensträcka.
XRF	X-Ray Fluorescence, röntgenfluorescens

1 Introduktion

”Vatten är ingen vara vilken som helst utan ett arv som måste skyddas, försvaras och behandlas som ett sådant.”

Så lyder första punkten i EU:s ramdirektiv för vatten (2000/60/EG). Ramdirektivet infördes i svensk lag 2004 och medförde dels ett nytt sätt att förhålla sig till vatten juridiskt men också nya gränsdragningar för Sveriges vattenförekomster. Vattenmyndigheterna definierar begreppet vattenförekomst som en avgränsad och betydande förekomst av ytvatten, som kan vara t.ex. hela eller delar av en sjö, å, älv eller kanal, ett vattenområde i övergångszonen eller ett kustvattenområde (vattenmyndigheterna.se). Tidigare följde man de administrativa gränserna för kommuner och län medan genomförandet av ramdirektivet innebar att vattnets naturliga gränser såsom av- och tillrinningsområden beaktades. Idag delas Sverige in i fem vattendistrikt där namnet kommer av havsdelen distriktets vatten rinner ut i: Bottenviken, Bottenhavet, Västerhavet samt Norra och Södra Egentliga Östersjön. Myndigheterna som ansvarar för varje vattendistrikt, Vattenmyndigheterna, bildar tillsammans vattenförvaltningen vilken omfattar alla sjöar och vattendrag samt kust- och grundvatten.

Enligt *Båtlivsundersökningen 2010*, en statistisk undersökning baserad på båtägares enkätsvar utgiven av Transportstyrelsen, var det ca 23,9 % av Sveriges båtägare som använde båtbottnfärg som medel för att förhindra påväxt på båten. Det finns flera typer av båtbottnfärg som hanterar påväxt på olika sätt. De båtbottnfärger som benämns antifoulingfärg kännetecknas av att de innehåller minst ett verksamt ämne som klassas som biocid, bekämpningsmedel med kemisk och biologisk verkan, och måste godkännas av Kemikalieinspektionen (KemI) för att få säljas och användas i Sverige. Färger med fysikalisk verkan, t.ex. självpolerande färger, behöver dock inget godkännande även om de kan innehålla giftiga substanser.

Våren 2011 genomfördes denna undersökning på 336 bottenmålade fritidsbåtar för att mäta förekomst av tenn och koppar med hjälp av en handhållen XRF-scanner (X-Ray Fluorescence, röntgenfluorescens). Mätutrustningen kan endast läsa grundämnen, inte molekylära strukturer eller avgöra föreningar. Indikation av tenn visar dock sannolikt närvaro av tributyltenn (TBT) medan indikation av koppar är något mer komplex. Båtarna låg vinterförvarade vid tre svenska vattenförekomster: Mälaren, Bottenhavskusten vid Härnösand och Storsjön i Jämtland. Undersökningen genomfördes i samarbete med Jegreliusinstitutet för tillämpad grön kemi i enlighet med Sveriges miljömål, främst *giftfri miljö, levande sjöar och vattendrag* och *Hav i balans samt levande kust och skärgård* (miljomal.se).

Misstankar har funnits att det fortfarande förekommer bottenfärger med koppar och TBT (tributyltenn) på fritidsbåtar i svenska vattenförekomster, trots att färgerna inte varit tillåtna på många år om alls. TBT har varit förbjudet i bottenfärg för fritidsbåtar sedan 1989. Det har aldrig funnits något direkt förbud mot kopparfärger men inga var godkända av KemI för bruk i annat än vid västkusten (mellan Trelleborg och norska gränsen) mellan 1999 och juni 2011.

Det finns flera problem kring antifoulingfärg, bl.a. är det olagligt att måla en fritidsbåt med en antifoulingfärg som inte är tillåten vid båtens huvudsakliga uppehållsplats. I *Båtlivsundersökningen 2010* säger 23,9 % (ca 206 359 st.) av svenska båtägare att de använder båtbottnfärg mot påväxt. Av dem använder 17,6 % västkustfärg, 2,7 % fartygsfärg, 10,5 % ”annan färg” och 36,7 % vet ej. Västkustfärg, antifoulingfärg med högre halter av

koppar som tillåts på västkusten, kan köpas på många ställen i Sverige där färgen ej tillåts användas. Det läggs då ett stort ansvar på användaren att bruka rätt färg för rätt vatten. Fartygsfärg har behörighetsklass 2 och tillåts endast för yrkesmässigt bruk (se 3.2 nedan). I de fallen ”annan färg” eller ”vet ej” angetts är det naturligtvis svårt att avgöra huruvida biocider ingår men det skulle kunna vara någon av färgtyperna ovan, färg importerad via internet eller hemmagjord färg. Läger man till de 2,5 % som har importerad färg och de 2,9 % med gammal färg skulle alltså 72,9 % av alla som bottenmålar teoretiskt sett kunna ha biocider på båten.

Ett annat problem är att man faktiskt målar giftiga substanser på båten. Om en båtägare väljer att använda färg som ej är tillåten i vattenförekomsten där dennes båt huvudsakligen uppehålls kan konsekvenser för de lokala ekosystemen uppstå. Biocider i antifoulingfärgerna dödar inte bara foulingorganismer på och kring båten, de sprids lokalt i vatten och sediment kan ha akut toxisk verkan på även andra akvatiska organismer. De är ofta persistenta (seglivade eller svårnedbrytbara) och kan finnas kvar i vatten och sediment under lång tid.

Miljöanpassade metoder att hindra påväxt, t.ex. borsttvättar, med bristfällig uppsamling hotar att kontaminera våra vattenförekomster då avskrapet kan innehålla gamla färgrester. Lokalt kan då biocidhalterna bli mycket höga.

Två av de tre testplatserna, Mälaren och Storsjön, är dricksvattentäkter. Färskvatten är en unik resurs vi inte klarar oss utan. Bara det är orsak nog att vara ytterst försiktiga med hur vi behandlar det. Utifrån vårt perspektiv har vi dessutom ett moraliskt ansvar att ta vara på denna resurs för vår och kommande generationers skull.

1.1 Syfte

Det övergripande syftet med denna kandidatuppsats är att uppnå ett minskat utsläpp av skadliga ämnen till miljön, här främst koppar- och tributyltennföreningar till hav, sjöar och vattendrag.

1.2 Mål

Målet med denna kandidatuppsats är att studera förekomsten av koppar och tenn på bottenmålade båtar som förvaras vid svenska vattenförekomster för att kunna ge en bild av dagsläget gällande båtbottnfärger innehållande koppar och/eller tenn.

1.3 Omfattning och avgränsningar

Studien består förutom litteraturstudier av insamling och analys av data från 336 fritidsbåtar från tre olika vattenförekomster för att dimensionera problemet. Data samlades in med hjälp av en handhållen XRF-scanner. Alla båtar testades på land under tidsperioden 2011-03-02 till 2011-04-20, innan de förberetts för säsongen.

Studien inkluderar fritidsbåtar i plast, 4-12 m långa. Inga trä- eller metallbåtar har testats av två orsaker: enligt *båtlivsundersökningen 2010* är ca åtta av tio fritidsbåtar (81,6 %) byggda i plast samt att mätutrustningen (XRF) är kalibrerad till plast.

Mätningarna gjordes vid tre vattenförekomster: Mälaren (Norra Östersjöns vattendistrikt), Storsjön (vid Östersund) och Östersjön utanför Härnösand (Bottenhavets vattendistrikt).

XRF-mätningarna ger en stor mängd data om många metaller. I studien begränsas antalet ämnen till tenn (Sn) och koppar (Cu).

För att förenkla framtida mätningar presenteras även förslag till ett utökad protokoll i bilaga 1.

2 Antifouling

Påväxt av så kallade foulingorganismer på båtbottnar är ett välkänt problem. På vissa håll kallas det även beväxning eller från engelskans biofouling för att förtydliga att det är organisk påverkan.

Enligt Möller (2009) sker biofouling i tre steg:

1. Molekylär fouling

Sker när båten sätts i vattnet. Organiska polymerer såsom proteiner och polysackarider adsorberas på båtens skrov. De skapar förutsättningar för nästa steg genom att bilda en konditionerande mikrofيلم.

2. Mikrofouling

Består av primär och sekundär kolonisering. Primära kolonisatörer är bakterier och diatomer medan sekundära omfattar sporer av makroalger och urdjur (protozoa). De adsorberas på mikrofيلmen.

3. Makrofouling

Består delvis av sekundära och tertiära kolonisatörer. De tertiära omfattar larver av blötdjur och makroalger.

Detta förlopp innebär inte att mikrofouling behövs för att makrofouling skall ske. Sekundära och tertiära kolonisatörer kan fästa sig på skrovet utan den konditionerande filmen som skapas av molekylär fouling.

Påväxtens förutsättningar påverkas bl.a. av fästytans egenskaper/materialsammansättning samt vattnets rörelse, temperatur, pH, näringstillförsel och syresättning. Påväxt innebär oftast en ökad friktion mellan vattnet och båten, en väl beväxt yta kan ha ca 100 gånger större friktionsmotstånd än en ren yta (Möller, 2009). Detta kan innebära minskad fart, svårare att manövrera och ökad bränsleåtgång för motorbåtar vilket ger större avgasutsläpp.

Med antifouling menas att man genom åtgärder aktivt motverkar påväxt eller tar bort befintlig påväxt. I mer än 2000 år har människan försökt förhindra skador och påväxt på sina båtar och skepp. Genom att använda sig av olika metoder kunde man förlänga livstiden på skepp och minska friktionen mot vattnet så att det gled snabbare genom vattnet. Några av de tidigaste metoderna inkluderar applicering av beck, vax, tjära och asfalt och flera användes redan av de antika grekerna. Blyplåtar fästa med kopparspik var också en tidig metod som användes av både greker och romare. Under 1500 till 1700-talen började man använda mer metallbeläggningar på båtar och under 1800-talet introducerades bottenfärger. Bottenfärgerna bestod främst av koppar-, arsenik- och kvicksilveroxider (Möller, 2009).

Det finns många olika antifoulingmetoder på marknaden idag och kan delas in i följande kategorier (Noaksson et al, 2011):

- Ytbehandlingar
- Ytbeläggningar
- Lyftsystem
- Köra-upp-på-bryggor
- Båttvättar
- Skrovskydd
- Övriga (ultraljud, elektrolys, samt obeprövade och/eller tveksamma lösningar)

Fokus för denna kandidatuppsats är antifoulingfärger (ytbehandlingar) med koppar- eller tributyltennföreningar som verksamt biocid. Biocider är gifter som på kemisk väg reagerar med organismer och orsakar akut toxicitet (direkt dödar organismerna), påverkar deras reproduktionsförmåga eller på annat sätt förändrar förutsättningarna så att de ej kan förökas, i detta fall vid eller på skrovet. TBT och koppar (bl.a. kopparoxid, koppartiocyanat och metallisk koppar i pulverform) har varit några av de vanligaste biociderna i bottenfärg. Det är vanligt att kombinera olika biocider för att göra en färg mer effektiv mot fler foulingorganismer.

Alla båtbottnfärger som motverkar påväxt på kemisk och/eller biologisk väg räknas som bekämpningsmedel och måste granskas och godkännas av Kemikalieinspektionen (KemI) innan de får säljas och användas. Ett undantag är dock de båtbottnfärger som förhindrar påväxt enbart på fysikalisk väg. Polerande färger, hårda färger och tunnfilmfärger tillhör denna kategori.

Ett alternativ till båtbottnfärger som ökar mest är båttvättar vilka finns i två former, borsttvättar och spolplattor. Borsttvätten kan kortfattat beskrivas som en uppochnedvänd biltvätt under vattnet med roterande borstar som man kör båten över. Man behöver således inte lyfta upp båten på land för att tvätta den. Det andra fallet är spolplattor, fasta eller mobila, där man lyfter upp båten på land och tvättar för hand med högtryckstvätt. Spolvattnet tas om hand i uppsamlingskärl med slamavskiljare, detta är speciellt viktigt om det finns gammal färg på båten (Noaksson et al, 2011).

2.1 Tenn (Sn) och tributyltenn (TBT)

Tributyltenn (TBT) utvecklades för att motverka parasitsjukdomen snäckfeber (bilharzia) och har sedan 60-talet använts som biocid i båtbottnfärger (Naturvårdsverket 2011). Under 1970-talet ökade användningen kraftigt och i slutet på 70-talet kom de första rapporterna om miljöstörningar där TBT tros vara den största orsaken till skador t.ex. på ostronodlingar i Arcachon Bay i Frankrike (Alzieu, 1986). I dag anses TBT vara ett av de giftigaste ämnena människan släppt ut i miljön (Havet, 2010). TBT är bl.a. hormonstörande, det kan blockera ett enzym som annars omvandlar det hanliga könshormonet testosteron till det honliga dito östrogen. Effekten blir att testosteronhalterna överskrider det normala. Hos t.ex. nätsnäckan, *Nassarius nitidus*, har honor utvecklat hanlika könsorgan förutom sina egna, de blir tvekönade, vilket kan påverka förutsättningarna för reproduktion (Havet, 2010).

I båtbottnfärger har Tenn förekommit i organiska föreningar och främst i formen bis(tributyltenn)oxid men också som tributyltennmetakrylat copolymer. Det finns också tennföreningar som har andra funktioner än biocid i färg. Dibutyltenn (DBT) och monobutyltenn (MBT) är degraderingsprodukter av TBT som bryts ned till dessa under aeroba (syrerika) förhållanden (Naturvårdsverket 2011). I en anaerob (syrefattig) miljö, såsom i sediment eller vissa havsbottnar, kan nedbrytningstiden förlängas till flera år eller decennier (batmiljo.se). DBT klassas som något mindre giftigt än TBT och har bl.a. använts som accelerator i silikonbaserade färger. XRF-mätningar kan avgöra hur stor den totala tennhalten är men inte vilken typ av tennförening. Det måste avgöras, som nämnts ovan, med t.ex. gaskromatografi kopplad till masspektrometri (GC-MS). Istället används totalt tenn som en indikator för vidare analys i denna studie. Enligt EU får årsmedelvärdet för tributyltennföreningar (TBT) i ytvatten inte överstiga 0,0002 µg/l och maximal tillåten koncentration är 0,0015 µg/l (direktiv 2008/105/EG). För sediment är en halt på 100 µg/kg TS (torrsubstans) att betrakta som mycket hög enligt norska bedömningsgrunder (Naturvårdsverket, 2008 A). I svenska kustsediment har det hittats halter varierande från <1 µg/kg TS till anmärkningsvärt höga 10 200 µg/kg TS (Naturvårdsverket, 2008 A). Vid

muddring av sediment kan konserverat TBT nå syrerika områden och återigen utgöra ett hot mot akvatiska organismer (batmiljo.se). Förorenade muddringsmassor som överskrider 100-200 µg TBT/kg TS (beroende på omständigheter) skall deponeras på land enligt Naturvårdsverket (Naturvårdsverket, 2010). De högsta TBT-värdena ofta hittas i småbåtshamnar, och inte i stora hamnar för handelsfartyg enligt Britta Eklund (HavsUtsikt 2/2010).

2.2 Koppars (Cu)

Koppars är ett metalliskt grundämne som i små mängder är livsnödvändigt för människor, djur och växter men kan bli akut toxiskt vid högre doser. Koppars beter sig på ett komplicerat sätt i naturliga miljöer och kopparsens biotillgänglighet (och toxicitet) är svår att avgöra då den starkt beror på vilken kemisk form Cu förekommer i. Formerna avgör också hur spridningen i naturen sker (Sternbeck, 2000). Det är dock svårt att påvisa biologiska effekter av Cu eftersom områden med förhöjda halter Cu ofta även har förhöjda halter av andra metaller (ibid.). Koppars i vatten kan komplexbindas av såväl oorganiska som organiska ligander, ex. humusämnen från nedbrutna växter. Just humuspartiklar är den ligand som generellt antas ha den största effekten på metallers biotillgänglighet (Naturvårdsverket, 2006). Att Cu är bundet av sådana organiska komplex innebär dock inte att koppars inte är biotillgängligt. Koppars i jonform (Cu^{2+}) står i jämvikt med organiska komplex. Det anses att Cu^{2+} är den form som huvudsakligen tas upp av celler men hos djur kan även bundet Cu tas upp efter omvandling till Cu^{2+} i tarmkanalerna. Fri Cu^{2+} styr hur snabbt upptagningen av Cu sker men mängden som tas upp kan vara 1000 ggr större (Sternbeck, 2000).

Vattenlevande organismer i känsliga vatten (mjuka, närings- och humusfattiga vatten och/eller vatten med lågt pH) kan påverkas redan när kopparshalten överstiger 3 µg Cu/l (klassat som måttligt höga halter eller högre av Naturvårdsverket (naturvardsverket.se)). De har beräknat att den koncentration som kan anses säker för 95 % av alla arter, blir 8,2 µg Cu/l. Efter att de använt en säkerhetsfaktor på 2 föreslår de därmed ett övergripande gränsvärde för vatten till 4 µg/l (Naturvårdsverket, 2008 B). Cu^{2+} är vanligen mer toxisk för bakterier och växtplankton än fria joner av kadmium (Cd), zink (Zn) och bly (Pb) (Sternbeck, 2000). För marina cyanobakterier kan Cu^{2+} vara 1000 ggr mer toxiskt än Cd^{2+} (ibid.).

För människor kan överdriven exponering av koppars ge akuta mag-tarmeffekter och leverskador på längre sikt. Livsmedelsverket anser dock att hälsoeffekter till följd av förhöjda kopparshalter i dricksvatten bedöms vara låga. EU:s gränsvärde för koppars i dricksvatten (infört i Livsmedelsverkets föreskrifter, SLVFS 2001:30) är 2,0 mg/l och den Europeiska myndigheten för livsmedelssäkerhet (EFSA) har satt ett rekommenderat maxvärde på 5 mg koppars per dag (slv.se). Dessa värden gäller dricksvatten för mänsklig förtäring.

Koppars förekommer i olika former i bottenfärger, antingen metallisk koppars (pulver), kopparsoxider eller andra kopparsföreningar (t.ex. kopparscyanat). Koppars kompletteras dessutom ofta med organiska biocider för att öka effektiviteten mot kopparsoleranta biofoulingorganismer (Andersson, 2010). En av faktorerna som avgör hur effektiv en antifoulingfärg är är hur snabbt den avger en viss mängd biocider. Koppars avsöndringshastighet beror dels på färgens sammansättning och struktur och dels på miljöfaktorer såsom temperatur, pH, salthalt och närvaron av biofilmer (t.ex. mikrofouling) (Ytreberg et al., 2009). Spridningen av koppars har främst koncentrerats till städer med omnejd. Enligt provtagningar har sedimenten i Stockholm en medelhalt på 350 mg/kg TS jämfört med en förindustriell (tidigt 1800-tal) halt på ca 20 mg/kg TS (Naturvårdsverket, 2006).

Andra antropogena källor till kopparutsläpp är bl.a. korrosion från tak, fasader och vattenledningssystem samt slitage från bilbromsar. Frigörelse- och spridningshastigheten varierar och beror bl.a. på mängd nederbörd, vattnets kemiska sammansättning och närvaro av föroreningar (Naturvårdsverket, 2006). Koppars biotillgänglighet beror också mer på de abiotiska förhållanden i den omgivning Cu uppträder i än var den kommer från (Sternbeck, 2000).

2.3 Östersjön, Mälaren och Storsjön

Östersjön (bortsett från de ryska delarna) klassades 2005 som PSSA, Particularly Sensitive Sea Area (särskilt känsligt havsområde), av Internationella Sjöfartsorganisationen IMO (imo.org). Det är ett bräckt vatten med låg salinitet vid ytan. Majoriteten av arterna där lever på gränsen till sin förmåga framförallt utifrån salinitet men har anpassat sig efter rådande klimat och är väldigt känsliga för förändringar (Rydén, 2003).

Mälaren är Sveriges till ytan tredje största sjö och Storsjön Sveriges femte största sjö. Många sjöar i Sveriges norra delar är oligotrofa, eller näringsfattiga, och ibland försurade (låga pH-värden). Detta beror ofta på låg buffertkapacitet (motståndskraft mot försurning). Många sjöar skiljer sig från varandra på grund av deras näringsfattiga karaktär och därmed skiljer sig också algtyperna från varandra, de har anpassat sig efter de unika förhållandena i respektive sjö. I södra Sverige är sjöarna generellt mer näringsrika (där finner man också fler övergödda sjöar) (Rydén, 2003). Storsjön är ultraoligotrof medan mälaren är starkt eutrofierad (övergödd) (viss.lst.se). Arterna i både Mälaren och Storsjön är känsliga för förändringar och varken tenn- eller kopparfärger är tillåtna i dessa sjöar.

2.4 Den svenska båtmarknaden

Enligt Transportstyrelsens rapport *Båtlivsundersökningen 2010* uppskattas det finnas mellan 860 000 och 1 026 000 fritidsbåtar i Sverige, fördelat på omkring 695 000 hushåll. Strax över hälften har hemmahamn i inlandsvatten medan resten tillhör kustvatten. Under 2010 såldes det omkring 7 200 båtar i Sverige (att jämföra med 11 200 st. under 2009 och 25 100 st. under 2007), varav 500 segelbåtar, 1 100 motorbåtar och 5 600 småbåtar. Det exporterades 5 350 båtar till främst Norge, Danmark, England och Tyskland. Samtidigt importerades 8 500 båtar från Finland, USA och Polen.

3 Lagstiftning

Det krävs varken besiktning eller certifiering för fartyg kortare än 24 meter. Det är dock ett krav att fartygen använder godkända antifoulingssystem, såsom bottenfärger. Bottenfärger får endast användas enligt Kemikalieinspektionens godkännande, av behöriga och på båtar med egenvikt över 200 kg. Regler om bottenfärger och andra antifoulingprodukter infördes genom förordningen (1985:836) om bekämpningsmedel. Några viktiga juridiska begrepp som kommer tas upp i diskussionen förklaras i korthet nedan.

3.1 Försiktighetsprincipen

Det finns många historiska exempel på användning av substanser som verkar besitta goda och effektiva egenskaper men som i efterhand visat sig göra mer skada än nytta. Erfarenheter från DDT (diklordifenyltrikloretan), PCB (polyklorerade bifenyler) m.fl. har gett upphov till försiktighetsprincipen, som 1998 skrevs in i den svenska miljölagstiftningen (Miljöbalken 2 kap, 3 §).

"Alla som bedriver eller avser att bedriva en verksamhet eller vidta en åtgärd skall utföra de skyddsåtgärder, iakttä de begränsningar och vidta de försiktighetsmått i övrigt som behövs för att förebygga, hindra eller motverka att verksamheten eller åtgärden medför skada eller olägenhet för människors hälsa eller miljön. I samma syfte skall vid yrkesmässig verksamhet användas bästa möjliga teknik.

Dessa försiktighetsmått skall vidtas så snart det finns skäl att anta att en verksamhet eller åtgärd kan medföra skada eller olägenhet för människors hälsa eller miljön."

3.2 Behörighetsklassificeringar

Antifoulingfärger klassas enligt förordning (2000:338) om biocidprodukter beroende på användningsområde och sammansättning.

25 § När en biocidprodukt godkänns skall dess hälso- och miljöfarliga egenskaper bedömas med hänsyn till användningsområdet. På grundval av en sådan bedömning skall produkten hänföras till någon av följande klasser.

- *Klass 1: Produkt som får användas endast för yrkesmässigt bruk av den som har särskilt tillstånd.*
- *Klass 2: Produkt som får användas endast för yrkesmässigt bruk.*
- *Klass 3: Produkt som får användas av var och en.*

För fritidsbåtar är endast antifoulingfärg av klass 3 tillåten.

3.3 Tillsyn

Tillsyn innebär kontroll över att reglerna efterföljs. Bestämmelser om vilka myndigheter som sköter tillsynen och vilka som skall ge tillsynsvägledning finns i Miljötillsynsförordning (2011:13).

Kortfattat har Kemikalieinspektionen (KemI) den övergripande tillsynen över hanteringen av kemiska produkter och biotekniska organismer, t.ex. för tillverkare och primärleverantörer, medan kommunernas miljö- och hälsoskyddsnämnder ansvarar för den lokala tillsynen och de senare leden i detaljhandelskedjan innan preparatet når slutanvändaren.

3.4 Påföljder

Enligt kap 29 MB är användningen av otillåten båtbottnfärg straffbar enligt 3 eller 4 §§. Straff brukar handla om cirka 30-50 dagböter beroende på omfattning och farlighet säger miljöåklagare Christer Jarlås i en e-postkonversation. Mål i domstol för bottenfärger är dock i dagsläget ovanligt.

3.5 Tennförbud

1989 förbjöds TBT på båtar mindre än 25 meter i Sverige, Västeuropa, USA samt Kanada. 2003 infördes generellt förbud av tennbaserad bottenfärg på fartyg oavsett längd, antifoulingkonventionen av FN:s internationella sjöfartsorganisation (IMO), gällande i länder där konventionen godkänts. Från 1 januari 2008 måste all tennfärg vara borttagen eller övermålad om fartyget, oavsett storlek och trafik, skall anlöpa hamnar i EU och andra länder där konventionen godtagits. Ryssland är dock undantaget och ryska fartyg kan fortfarande färdas genom Östersjön målade med tennbaserad färg.

3.6 Kopparförbud

Det finns inget generellt förbud mot kopparfärger i Östersjön utan Kemikalieinspektionen som tillsatt myndighet beslutar angående varje enskilt preparat som innehåller koppar utifrån bl.a. mängd, hur snabbt färgen lossnar från båtbottnen och spridningshastighet i vattnet.

1992 satte KemI hårdare krav och införde generella gränsvärden för kopparfärg. Västkustfärger med användning mellan norska gränsen och Trelleborg fick inte innehålla mer än $150 \mu\text{g Cu/m}^2$ medan ostkustfärger (Trelleborg upp till Örskär) var begränsade till $75 \mu\text{g Cu/m}^2$ (KemI, 1998). År 1998 genomfördes effektstudier och vid genomgång av regelverket blev reglerna än hårdare 1999. Man använde inte längre enbart gränsvärden för att besluta om godkännande utan även andra parametrar så som avsöndrings- och diffusionshastighet. Detta ledde till att det från och med 2002 inte fanns produkter med koppar som verksamt ämne till försäljning för användning i Östersjön öster om Trelleborg (s.k. ostkustfärg).

2008 gav Naturvårdsverket ut rapporten *Förslag till gränsvärden för särskilda förorenande ämnen* (rapport 5799) där de föreslår ett övergripande gränsvärde för den totala halten löst koppar till $4 \mu\text{g/l}$ vatten.

Sedan juni 2011 har flera antifoulingfärger med koppar godkänts av KemI med användningsområde upp till Örskär i Uppland. Antifoulingfärgerna innehåller antingen koppar(I)oxid eller koppartiocyanat (KemI databas). KemI har förklarat godkännandena med att färgerna uppfyller deras krav vid korrekt hantering, bl.a. skall de enbart målas i ett lager. Alla godkännanden är dock tillfälliga och omprövas efter en tidsperiod. Viktigt är att påpeka att dessa färger godkändes efter provtagningarna i denna undersökning och påverkar således inte resultatet eller diskussionen huruvida de kunde vara tillåtna.

4 Metod

4.1 Urval av mätplatser

För att få mätdata både från insjöar och östkusten utfördes mätningar på en båtförvaringsplats vid Mälaren, en vid östkusten i närheten av Härnösand och tre vid Storsjön.

4.2 XRF

XRF (X-Ray Fluorescence, röntgenfluorescens) är en metod som använts sedan början på 1900-talet för att bestämma vilka grundämnen ett föremål består av. Kortfattat skickas en röntgenstråle mot en yta och orsakar att fotoner frigörs och kan uppfattas av en detektor. Detektorn läser av med vilken våglängd fotonen rör sig och kan så avgöra vilket ämne den träffat. Metoden skadar inte föremålet och ger utslag på de flesta relevanta grundämnen.

Enligt MEPC:s (Marine Environmental Protection Committee) riktlinjer för att påvisa organiska tennföreningar bör detta göra i två steg: gallra och verifiera. Gallringen sker vid gränsvärdet 2 500 mg [totalt tenn]/kg (ppm) (MEPC, 2003 och 2009). För att säkerställa att båtar är målade med otillåten färg måste en kemisk analys tillämpas, vanligen gaskromatografi kopplad till masspektrometri (GC-MS) för organiska tennföreningar och eventuellt induktivt kopplad plasma-masspektrometri (ICP-MS) för koppar. Det är dock otympligt, tidskrävande och dyrt att utföra kemiska tester på ett stort antal båtar. Därför är det tillämpligt att man i ett första steg gallrar med hjälp av t.ex. en handhållen XRF-detektor som ger en omedelbar indikation huruvida en båt behöver ytterligare tester (har totala tennvärden över 2 500 ppm).

Eftersom MEPC inte fastslagit ett motsvarande gränsvärde för koppar används också här 2 500 ppm som ett riktvärde för vidare analys.

4.3 Materielbeskrivning

Den handhållna XRF-scannern (X-Ray Fluorescence) som använts är en maskin som med hjälp av röntgenstrålning läser av vilka grundämnen som finns i ytskiktet på en begränsad yta (ca 1 cm²).



- Märke: Thermo
- Modell: Niton XLt (se bild 1 och 2)
- Internet: www.niton.com

Bild 1. XRF-scannern av märket Niton XLt som använts vid mätningarna.

4.4 Metodik vid mätning

Innan en mätserie kalibreras maskinen för att säkerställa att den har rätt inställningar.

XRF-scannern kan ställas in på en viss tid så att den läser tills tidgränsen nåtts. Längre tid ger lägre mätosäkerhet. I denna undersökning ställdes den in på 60 sekunder. Apparaten hålls mot provytan under angiven tid och ger både värden under tiden samt ett slutgiltigt värde med felmarginal vid avslutad mätning (se bild 2).



Bild 2. En exempelbild från en av mätningarna. Provtagare är författaren Anders Österholm.

Det är oklart huruvida metallerna är jämnt fördelade över en båtbottnen, resultatet skulle i teorin kunna skilja något på samma skrov beroende på var provet är taget, även om båten är helt nymålad. Eftersom det under mätningarna antagits att skillnader finns mättes båtarna i första hand på ett och samma ställe, i fören på styrbords sida (höger fram) under vattenlinjen (se bild 2). I vissa fall har det varit otillgängligt och då har mätningen gjorts där man bäst kommit åt.

I mätningarna användes ett protokoll som innehöll rubrikerna *Provnummer*, *Fotonummer* och *Info*. Under rubriken *Info* nedtecknades all möjlig information om båten.

4.5 Analys

I analysen av rådata har alla ämnen utom tenn och koppar sållats bort enligt avgränsning. Då återstår mätvärde och felmarginal (error) för dessa. Felmarginalen räknar mätutrustningen själv ut och baseras delvis på variationen (de högsta och minsta värdena). För att avgöra om mätvärdena är tillförlitliga har regeln att felmarginalen inte får överstiga en femtedel av mätvärdet använts. Överstiger mätvärdet error gånger fem är det inte godkänt och räknas som mindre än detektionsgränsen, (*limit of detection*, < LOD). Om mätvärdet klarar testet räknas

det minst som $> LOD$ (större än detektionsgränsen), det finns alltså ett klart värde som kan föras statistik på.

Tabeller har förts i Microsoft Excel-blad och sorterats på olika sätt för att få fram relevant information, vilken redovisas under resultat.

Tenn har enligt internationell kontrollmetodik (MEPC, 2003) ett riktvärde på 2 500 ppm (0,25 %) vid XRF-mätningar för att vara tydligt bevis på närvaro av tennbaserad färg. I sådana fall är det brukligt att bekräfta resultat med kemisk analys.

Koppar har ännu ingen liknande gränsvärde så 2 500 ppm har använts som riktvärde även här.

4.6 Begränsningar

XRF-scannern mäter endast metaller som atomer och avgör inte i vilka föreningar eller sammansättningar de förekommer i. I båtbottnfärger har tenn i formen TBT främst använts och det är TBT som är förbjudet. I denna studie antas att mätvärden för tenn indikerar förekomst av TBT.

XRF-scannern mäter på översta skiktet på ett material. Hur djupt den mäter beror på materialet. Det är inget problem när mätningen sker på ett homogent material men när man mäter på ett färglager beror resultatet på hur djupt strålen når i det underliggande materialet. Därför lämpar sig mätningarna främst för att identifiera förekomst av koppar- och tennfärger och mindre till att bestämma exakt mängd eller halt. Vill man se dessa mer exakt bör man förlita sig på skrapprov och kemisk analys.

4.7 Litteraturstudier

Studien har baserats på ämneslitteratur, rapporter och databaser. Internetforum och debatter har inspirerat.

Databaser har inkluderat:

- ScienceDirect (<http://www.sciencedirect.com/>)
- VISS (<http://www.viss.lst.se/>)
- Kemikalieinspektionens bekämpningsmedelsregister (<http://apps.kemi.se/bkmregoff/>)

Sökmotorer har inkluderat:

- Google (<http://www.google.se/>)
- Google scholar (<http://scholar.google.se/>).

5 Resultat

Mätningar har utförts på 336 plastbåtar varav 159 motorbåtar och 177 segelbåtar. Mätningarna utfördes vid ett antal tillfällen under tidsperioden 2011-03-02 till 2011-04-20. Resultaten har avgränsats till tenn (Sn) och koppar (Cu) och redovisas i tabell 1 nedan.

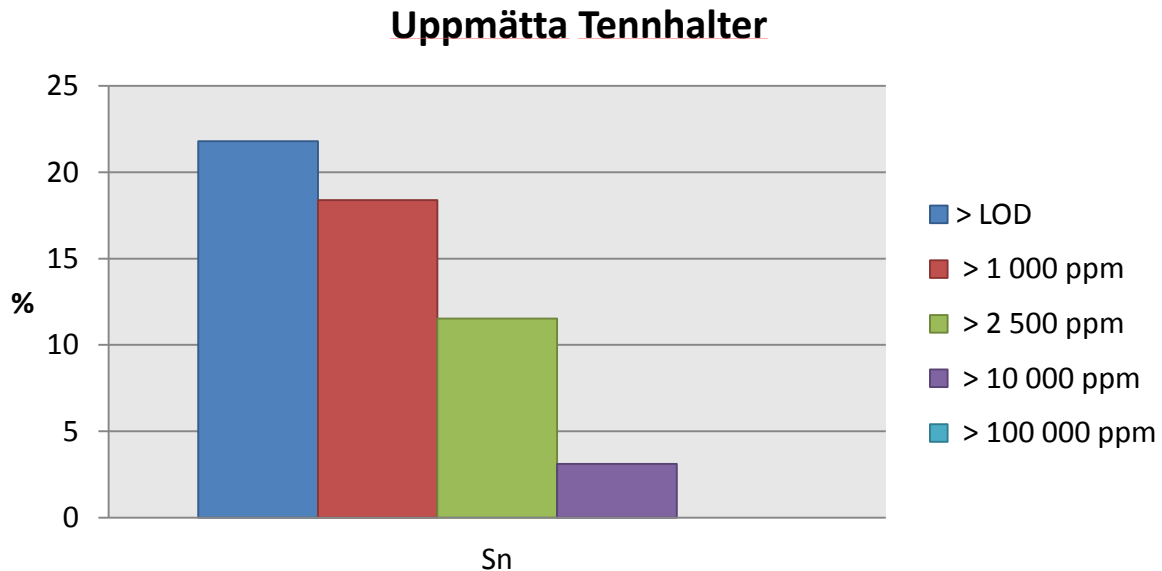
Tabell 1. Översiktstabell över antal uppmätta båtar, fördelat på region och båttyp. De två nedersta raderna redovisar antal båtar där det utifrån anteckningarna gått att bedöma huruvida de har ny eller gammal färg. Då det inte gått att avgöra på alla båtar är de färre än det totala antalet båtar (se 5.4).

Antal	Mälaren	Härnösand	Östersund	TOTAL
Fritidsbåtar	160	103	73	336
Segelbåtar	103	63	11	177
Motorbåtar	57	40	61	159
Ny färg	43	16	14	73
Gammal färg	83	65	40	188

I några av figurerna nedan redovisas förutom andel värden överstigande 2500 ppm även andelen överstigande LOD (Limit of Detection) för att visa hur stor andel av båtarna som ger ett detekterbart utslag på koppar eller tenn. I de fall fler nivåer redovisas är det för att ge en bättre bild av fördelningen.

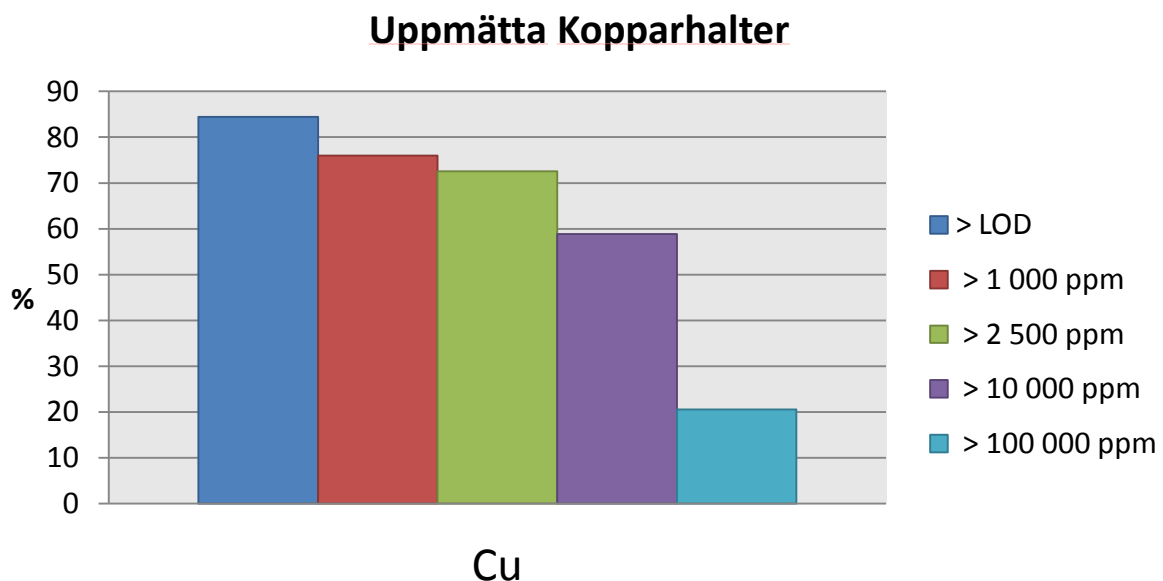
5.1 Uppmätt koncentration tenn och koppar för alla båtar i studien

I figur 1 nedan redovisas hur många båtar som överstiger olika koncentrationer av tenn i den avlästa ytan. I figuren ser vi att ca 22 % av 336 båtar har spår av tenn. Ca 12 % av båtarna har högre halter än det internationella riktvärdet 2500 ppm och ungefär 3 % har halter över 1 % tenn (10 000 ppm). Det högsta uppmätta värdet övergår 4,6 % tenn.



Figur 1. Fördelning av förekomst av tenn på 336 båtar från Mälaren, Härnösand och Storsjön. Ca 22 % av båtarna gav utslag på tenn och ca 12 % har halter som överstiger det internationella riktvärdet 2500 ppm.

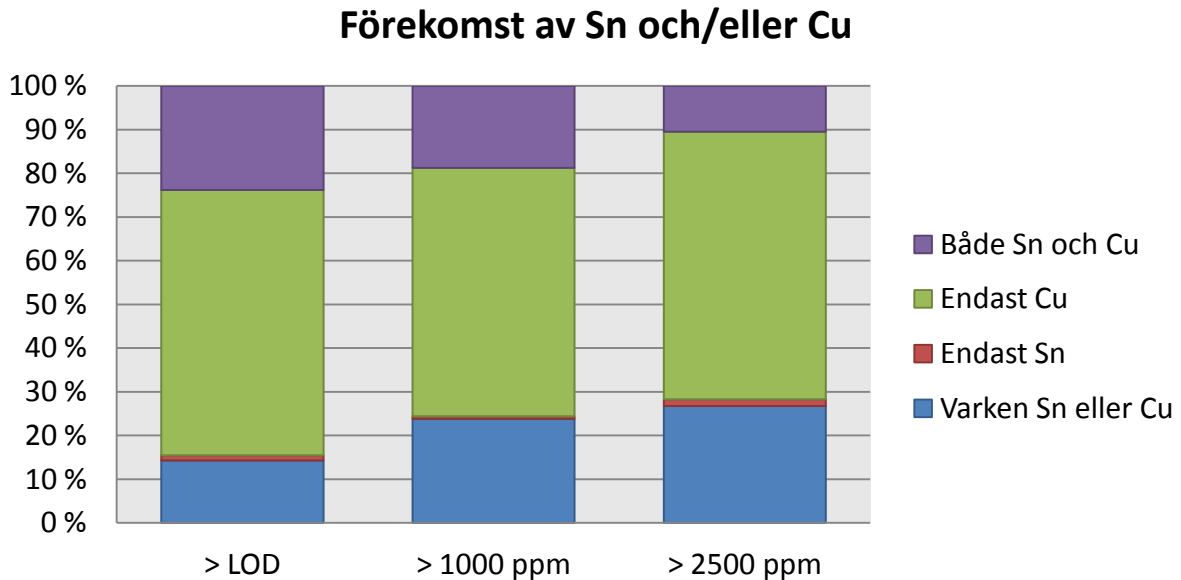
I figur 2 nedan redovisas hur många båtar som överstiger olika koncentrationer av koppar i den avlästa ytan. Som visas i figuren har ca 84 % av 336 båtar har spår av koppar. Ca 72 % har kopparhalter överstigande 2500 ppm. Ungefär 1 av 5 båtar har mer än 10 % koppar på botten och i några enstaka fall har värdena överstigit 90 %.



Figur 2. Fördelning av förekomst av koppar på 336 båtar från Mälaren, Härnösand och Storsjön. Ca 84 % av båtarna gav utslag på koppar och ca 72 % har halter som överstiger 2500 ppm. Ca 20 % av båtarna har mer än 10 % koppar.

5.2 Andel båtar med tenn och koppar

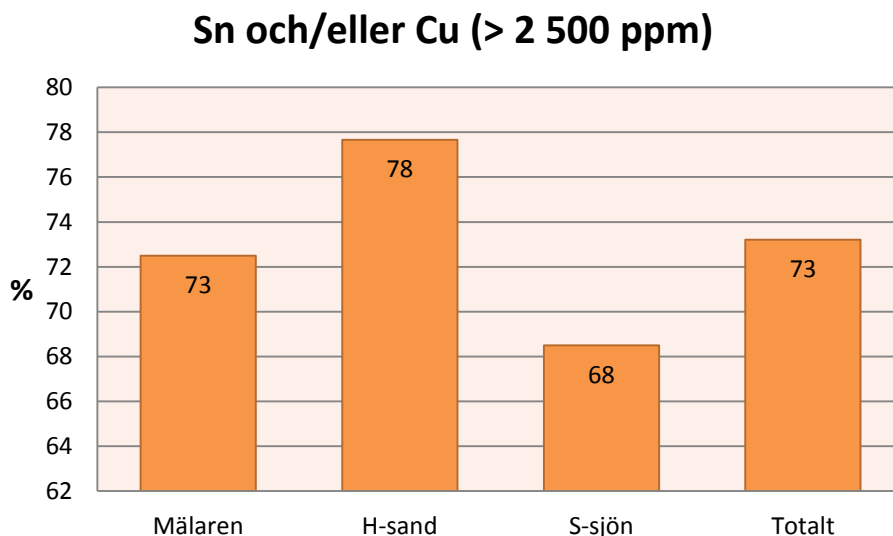
I figur 3 nedan redovisas hur många av alla 336 båtar som studerats huruvida de visat tenn, koppar, både tenn och koppar eller varken tenn eller koppar. Nästan tre fjärdedelar (73 %) av båtarna har tenn- och/eller kopparnivåer överstigande 2500 ppm. Figur 3 visar en överblick medan mer detalj visas i figurer 4 till 6 nedan.



Figur 3. Andel av 336 båtar som visar antingen både tenn (Sn) och koppar (Cu), endast koppar, endast tenn eller varken koppar eller tenn.

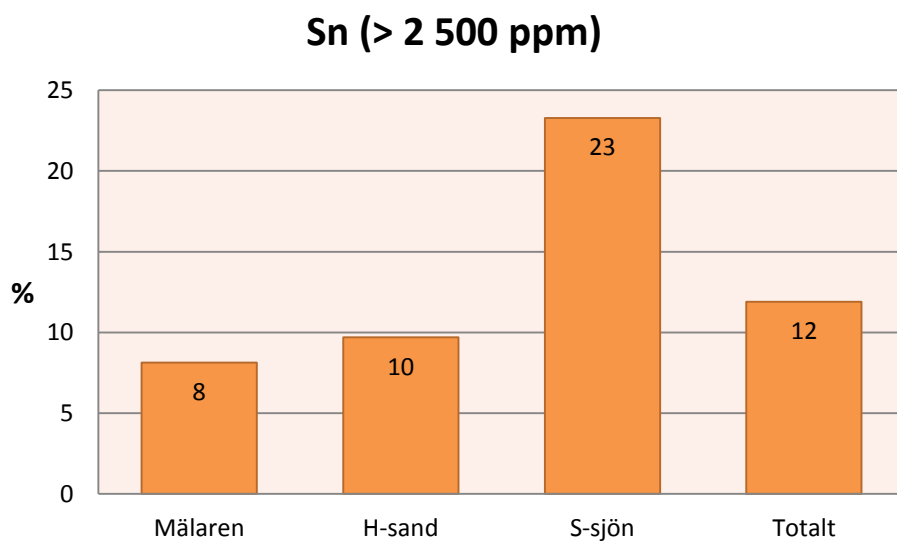
För att kunna jämföra de tre regionerna har resultaten sammanställts i figurer 4 till 6 nedan. Värdena i staplarna har avrundats till närmaste procent.

Figur 4 nedan visar hur många båtar som har tenn- och/eller kopparvärden överstigande riktvärdet 2 500 ppm fördelat per region. 73 % av alla 336 båtarna uppfyller kriterierna för att gå vidare till kemisk testning.

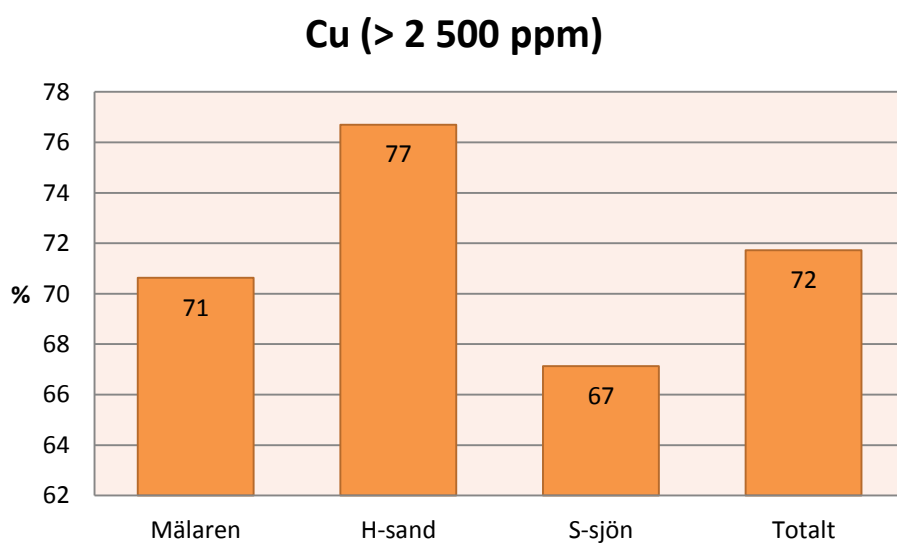


Figur 4. Procentuell andel båtar av 160 i Mälaren, 103 båtar utanför Härnösand, 73 båtar kring Storsjön och sammanlagt 336 båtar totalt som överstiger riktvärdet 2 500 ppm med koppar och/eller tenn.

I figurer 5 och 6 visas hur stor procentuell andel av båtarna som har tenn- respektive kopparvärden överstigande riktvärdet 2 500 ppm. Figureerna är en utveckling av figur 5 för att visa skillnader mellan regionerna och metallerna.



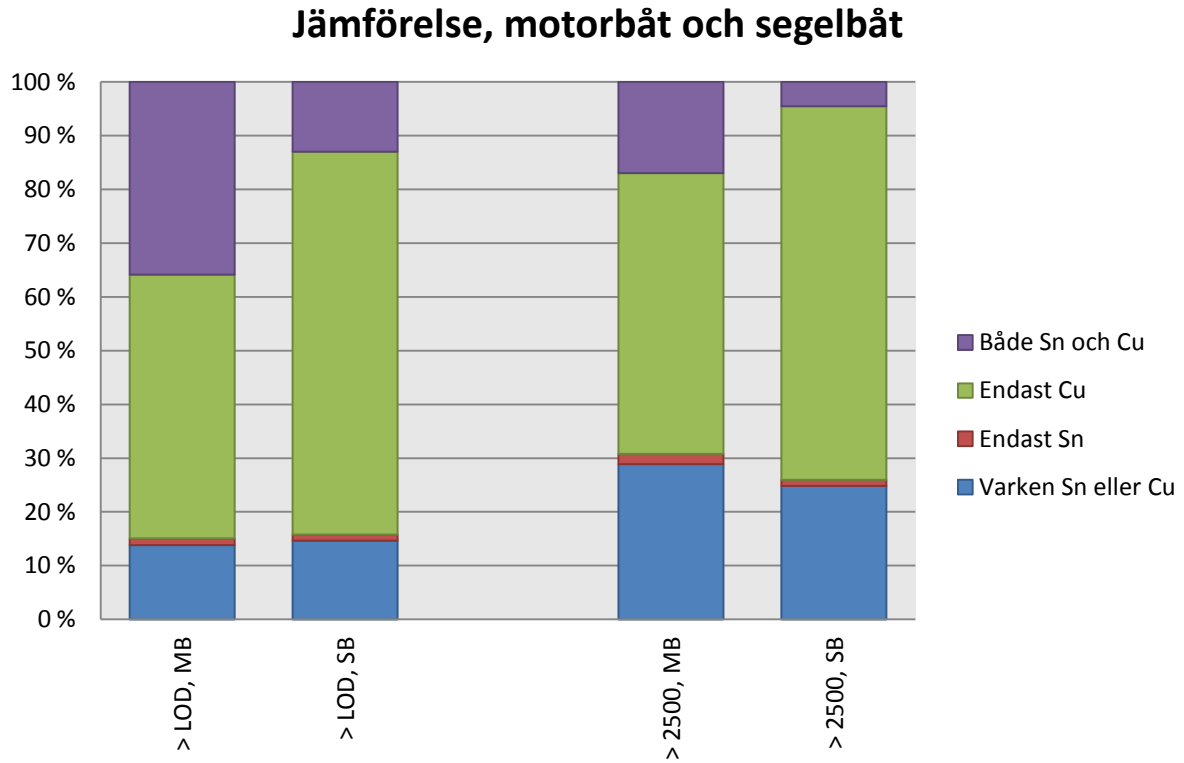
Figur 5. Procentuell andel båtar av 160 i Mälaren, 103 båtar utanför Härnösand, 73 båtar kring Storsjön och sammanlagt 336 båtar totalt som överstiger riktvärdet 2 500 ppm med tenn.



Figur 6. Procentuell andel båtar av 160 i Mälaren, 103 båtar utanför Härnösand, 73 båtar kring Storsjön och sammanlagt 336 båtar totalt som överstiger riktvärdet 2 500 ppm med koppar.

5.3 Motorbåt och segelbåt

Figur 7 nedan är en utveckling av figur 3 ovan och visar en jämförelse mellan 159 motorbåtar och 177 segelbåtar (336 totalt). Både andel som ger detekterbart utslag och andel överstigande riktvärdet 2 500 ppm har presenterats för jämförelse.



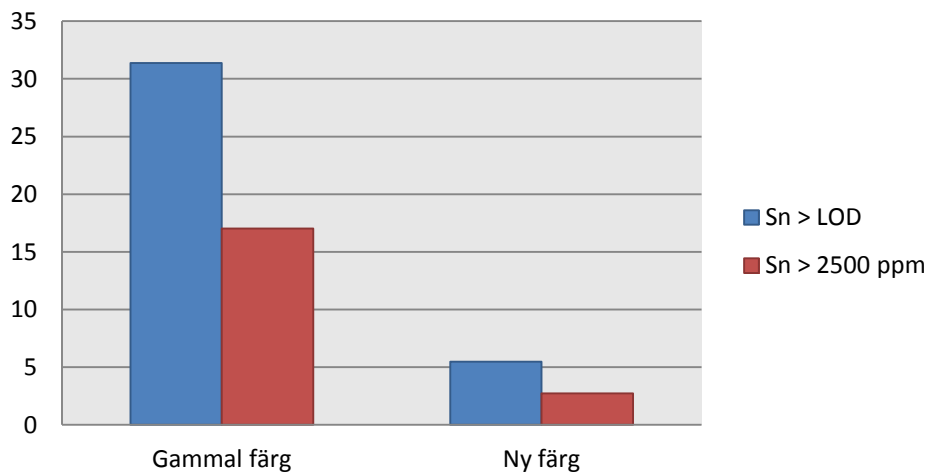
Figur 7. Andel av 336 båtar, fördelat på 159 motorbåtar och 177 segelbåtar, som visar antingen både tenn (Sn) och koppar (Cu), endast koppar, endast tenn eller varken koppar eller tenn.

5.4 Ny och gammal färg

Av 336 båtar kunde 261 fall avgöras utifrån anteckningarna om båtarna var nymålade eller hade gammal färg. Detta har inverkan att det går att avgöra om det fortfarande målas med otillåten färg. Då proverna togs ansågs denna punkt ännu inte som en viktig faktor och noterades därför inte på ett enhetligt sätt. Det innebär risk för viss osäkerhet.

I figurerna 8 och 9 nedan har välhållen och fin färg klassats som nymålade. I figur 8 visas att de flesta båtarna med höga tennvärden har gammal färg eller gamla underliggande färslager som ej slipats bort. Endast en par procent av de nymålade båtarna visar högre värden på tenn.

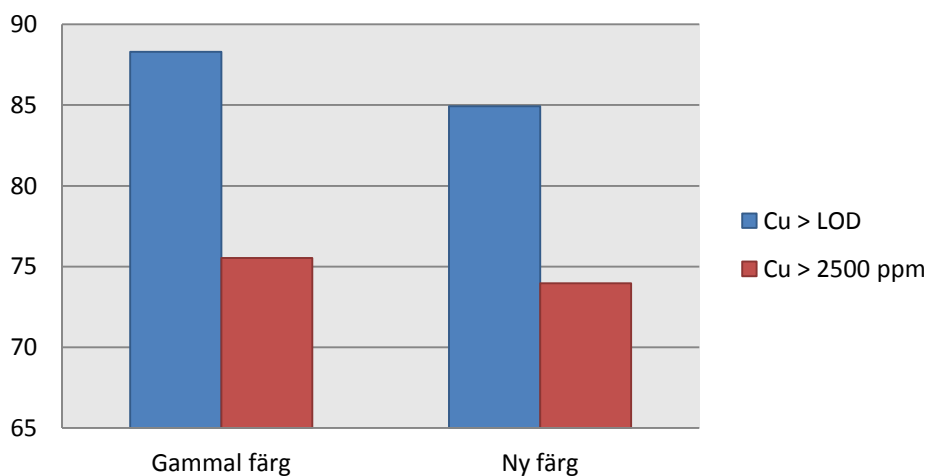
Ny och gammal färg innehållande Sn



Figur 8. Procentuell andel båtar målade med färg innehållande tenn (Sn).

I figur 9 visas att nästan tre fjärdedelar av 261 båtar fortfarande målas med färger med koppar. Den procentuella skillnaden mellan ny och gammal färg innehållande Cu är inte stor.

Ny och gammal färg innehållande Cu



Figur 9. Procentuell andel båtar målade med färg innehållande koppar (Cu).

6 Diskussion

Under analysen har riktvärdet 2 500 ppm använts för både koppar och tenn. Det är samma som gränsvärdet internationella sjöfartsorganisationen IMO:s kommitté MEPC använder när de vidarebefordrar båtar med tenn till kemisk analys. Eftersom de inte satt ett motsvarande värde för koppar har riktvärdet 2 500 ppm använts i brist på rekommendation. Ett antagande att riktvärdet verkar rimligt har gjorts och skulle MEPC eller annan relevant myndighet besluta om ett annat värde kan resultatet komma att behöva modifieras.

Sedan 2008 är det förbjudet att anlöpa i hamnar tillhörande EU:s medlemsländer om fartyget (oavsett längd) är målad med bottenfärg innehållande TBT. En svårighet som uppstår när ingen sådan enhetlig lagstiftning finns för koppar är att området där båten huvudsakligen uppehåller sig avgör vilken färg som får målas. Således kan båtar med huvudsaklig fart på västkusten, med motsvarande bottenfärg, tillfälligt besöka östkusten eller insjöar. Likaså kan båtar som förvaras hemma hos båtägaren eller hos förvaringsplatser, t.ex. båtclubbarna eller marinor, i inlandet eller på ostkusten i teorin vara ämnade och preparerade för huvudsaklig fart på västkusten. Det är då svårt att föra statistik, speciellt då proverna i denna rapport togs våren 2011 innan båtarna sjösattes utan verifiering om hemmahamn eller huvudsaklig fart. Båtarna i denna undersökning har vinterförvarats på land hos båtclubbar eller marinor i anknytning till Mälaren, Storsjön eller kusten vid Härnösand. Ett antagande har därför gjorts att båtarna hör till motsvarande vatten.

Trots att XRF är en gammal teknik är det en relativt ny metodik att mäta båtbottnfärg på detta sätt. Inga tidigare studier om båtbottnfärg där man använt handhållen XRF direkt mot skrovet hittades i litteraturstudien, däremot flera rapporter där man analyserat jordprover eller plaster i konsumentprodukter, framförallt leksaker. Erfarenheter från denna undersökning visar dock att med ett vetenskapligt tillvägagångssätt kan XRF vara ett ypperligt sätt att snabbt få reda på huruvida det finns vissa ämnen på båtar.

Det spekuleras på flera håll att bottenfärg i sötvatten är onödigt då påväxten är svag och kan hanteras på andra sätt. Enligt *båtlivsundersökningen 2010* anser drygt en av fem (20,5 %) båtägare att de får påväxt på båten i insjöar varav 1,4 procent upplever att de får mycket. Den svåraste typen av påväxt, havstulpanen, förökar sig bara under någon vecka på sommaren vilket teoretiskt innebär att det kan räcka med en eller ett par båtvtättar per säsong för att få bort larverna. Båtägare kan få havstulpansvarning per e-mail av Stockholms länsstyrelse eller meddelande per mobiltelefon av stiftelsen *Håll Sverige Rent* (hsr.se). Det som är viktigt vid båtvtätt är att eventuell bottenfärg är borttagen, annars kan den skrapas av och kontaminera mark, vatten och sediment. Detta har speciellt uppmärksammats vid borstvtättar där det är svårare att samla upp kontaminerat vatten efter tvätt jämfört med spolplattor. Skulle man utföra en borstvtätt i en avskild tank eller liknande så att tvättvattnet går att ta om hand förbigår man själva syftet med borstvtätt, det skall vara enkelt att genomföra utan att behöva ta upp båten på land. Många av båtarna i denna undersökning hade mycket flagig färg och uppskattningsvis skulle det falla av färg i sjök eller smulor om man tvättade den. Många båtar hade mjuk eller självpolerande färg vilket gör det lätt att anta att mycket av ytan skulle skrubbas av, inte minst vid borstvtätt. Det har i flera studier hittats stora halter av biocider och/eller metaller i hamnar och marinor (ex. Havet 2010). Många borstvtättar finns i drift idag hos bl.a. marinor men skulle de användas utan att ta hänsyn till bottenfärg kan dessa halter avsevärt öka, om så bara för en begränsad tid. Metallorganiska föreningar såsom TBT ligger kvar i sediment under lång tid och trots lägre tillförsel än tidigare hittas fortfarande höga halter i Östersjön (Havet 2010).

Det finns idag många alternativ till bottenfärg (se 2) med varierande effektivitet men de gör i princip färgen överflödig. Att måla kostar både pengar och tid medan flera alternativ är billigare i längden. Noaksson et al (2011) har visat att t.ex. båtlyftar kan innebära stora årliga besparingar, beroende på typ av lyft och huruvida man vinterförvarar båten i lyften eller på land, ex. hos båtklubb. Det billigaste alternativet i deras undersökning är skrovskydd där besparingen kan röra sig kring 1500 kr per år jämfört med bottenfärg, förutsatt att man målar varje år.

Enligt resultaten (figurer 1 och 2) förekommer tenn och/eller koppar på många fritidsbåtar idag. Detta är speciellt oroväckande gällande tenn då TBT är så giftigt och att det varit förbjudet sedan 1989. Viss tröghet i systemet får man räkna med men i detta fall rör det sig om 22 år. Båtar som målas med bottenfärg regelbundet har hunnit målas ett antal gånger under den tiden.

Olika regioner ger olika resultat vilket kan bero på många saker. I Storsjöregionen hittades störst andel båtar med riktvärdesöverstigande tennhalter (figur 6), mer än var femte båt hade tillräckliga nivåer för vidare tester. Störst andel koppar förekom i Härnösand men skillnaden mot de andra regionerna är inte lika slående som i fallet med tenn. Mälarregionen har i princip samma procentuella andel båtar med koppar som Härnösand. Då Mälaren är en insjö och en dricksvattentäkt är detta oroväckande.

Motorbåtarna hade de enskilt högsta uppmätta kopparvärdena och de flesta utslagen över 100 000 ppm som visas i figur 2. Några enstaka prov hade över 90 % koppar. En möjlig förklaring till tennvärdena i Storsjöregionen är att båtarnas bottenfärg i större utsträckning kanske inte underhålls eller målas lika ofta som i de andra regionerna. I denna undersökning uppvisade tre gånger fler motorbåtar än segelbåtar riktvärdesöverstigande tennvärden (figur 7). Av de båtarna som undersökts i Storsjöregionen var många gamla eller köpta begagnade. Teorin att båtarna i Storsjön inte målas lika ofta stärks av resultatet som redovisas i figur 8. Få nymålade båtar (ca 3 %) hade tennvärden överstigande 2 500 ppm jämfört med resultatet för båtar med gammal färg (ca 17 %). Även om det inte bör finnas tenn på några båtar är resultaten förhoppningsvis ett tecken på en avtagande användning. Skillnaden mellan ny och gammal färg var knappt märkbar i fallet med koppar (figur 9). Detta kan innebära att de nya färgerna som används innehåller koppar i lika stor utsträckning som tidigare. Begreppet ny färg behöver inte innebära nyinköpt färg utan kan vara färg som båtägaren haft kvar men som blir ny färg på just den båten. Färg som innehåller koppar kan köpas även i de områden där den ej får brukas. Då resultatet visar att koppar förekommer på dessa båtar kan slutsatsen dras att dessa regler ej efterlevs.

I och med att Cu komplexbinds av organiska ämnen i naturliga vatten kan man anta att en näringsrik sjö generellt sett är mer motståndskraftig än en näringsfattig sjö. Det har också att göra med tillförseln av humusämnen samt abiotiska förhållanden såsom pH-värde. På så sätt är det troligt att en mängd Cu i Storsjön är mer toxiskt än samma mängd i Mälaren.

Enligt Sternbeck (2000) handlar biotillgängligheten hos Cu mer om vattnets abiotiska förhållanden än var kopparn kommer från och vilken form den har. I så fall kan man anta att det generellt går att dra alla utsläpp av koppar över en kam för att jämföra påverkan från antifoulingfärger med andra kopparutsläpp. Det bästa sättet att minska utsläpp är genom källreducering, d.v.s. att minska orsaken eller källan till utsläppet. Är det så att det är den totala mängden löst Cu som avgör toxiciteten bör den minskas där det är mest effektivt och kostnadseffektivt. Utsläpp av Cu från vattenledningar, tak och bromssystem är förmodligen både svårare och dyrare att göra något åt än antifoulingfärg. Exakt mängd Cu från antifoulingfärg som släpps ut i svenska vatten är mycket svårt att beräkna men står troligen för en betydande mängd.

Något som gäller alla tre ställena är att om man köper en båt från västkusten eller importerar den från ett annat land där bestämmelserna ser annorlunda ut kan båtbottnen redan vara behandlad med färg. I det fallet kanske köparen ifråga inte tänker på vad som sitter på båten och missar att slipa bort färgen. Det är sannolikt att båtägaren låter båtbottnen vara, använder båten och antingen inte målar om båten eller använder andra (tillåtna) bottenfärger. Kapslas äldre färg in verkar detta anses adekvat. Karl-Axel Boström, ordförande för båtclubbarnas organisation, svenska båtunionens miljökommitté, har dock genom internettidningen miljöaktuellt (miljoaktuellt.idg.se) uttalat sig om att han tror att gammal tennfärg är så stark att den läcker ut även om den är övermålad.

Enligt KemI:s undersökning av en hamnbassäng i Stockholms skärgård så ökar halten av koppar när båtarna sjösätts på våren, då värdena uppmättes till ca 1,52 µg Cu/l. De allra högsta halterna uppmättes under semesterperioden i augusti, till 6,62 µg Cu/l. Som tidigare nämnts påverkas marina organismer i känsliga vatten redan vid halter på 3 µg Cu/l. När båtarna sedan tas upp sjunker kopparhalten i princip till de nivåer som var innan sjösättningen (KemI, 2006).

Enligt *Båtlivsundersökningen 2010* säger 36,7 % av de som har bottenfärg på båten att de inte vet vilken typ av färg båten är målad med. Vidare säger sig 43,4 % inte veta vad som vore den rimligaste ersättningen till antifoulingfärg. Vad gäller informationstillgången säger 28,2 % att de får sin information från andra båtägare, 18,6 % frågar släkten samt 27,3 % anser sig ej behöva mer information. Enbart 6,9 % frågar främst sin lokala marina. Eftersom den sistnämnda informationskanalen är den enda som KemI och de kommunala miljökontoren har rimlig möjlighet att granska är det i princip omöjligt att uppskatta kunskapsnivån hos svenska båtägare vad gäller antifouling.

Som med de flesta miljöhot är det kvantiteten och tidspannet som utgör problemet. Endast en båt målad med antifoulingfärg kanske inte ger så stora miljöeffekter men om alla ägare till Sveriges drygt en miljon fritidsbåtar skulle tänka så blir de sammanlagda mängderna snabbt stora. Många vattenlevande organismer skulle drabbas och i värsta fall kan dominoeffekter ge långtgående konsekvenser.

7 Slutsats

Resultaten visar att trögheten i systemet är större än vad som vore önskvärt. 73 % av båtarna i denna undersökning visar tillräckligt höga halter av tenn eller koppar för att kunna gå vidare till kemisk testning, detta trots förbud av TBT sedan 1989 och reglering av koppar sedan 1999. Förekomsten av dessa ämnen är oroväckande hög och bör åtgärdas. Som tidigare nämnts kan dessa ämnen ha en stark påverkan på vår miljö vilket är ett högt pris vi och kommande generationer får betala för att vi idag ska få ha en fritidsbåt.

Som metod är XRF utmärkt i detta avseende. Svar erhålles direkt vilket innebär att många tester kan göras på relativt kort tid.

En mer miljövänlig metod kan försämrans markant om den inte används på rätt sätt. Tar man t.ex. inte bort färgen innan borsttvätt kan färgen falla av och förorena vatten och sediment.

8 Källförteckning

Alzieu, Claude, 1986; *TBT detrimental effects on oyster culture in France – evolution since antifouling paint regulation*; Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer; hittades senast [2012-02-20] på: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1160376>

Andersson, Maria, 2010; *Riskbedömning av påväxtmedel från optimerade båtbottnfärger*; kandidatexamen i Miljövetenskap, Institutionen för växt- och miljövetenskaper, Göteborgs universitet; Hittades senast [2012-02-21] på: http://www.pol.gu.se/digitalAssets/1311/1311460_maria-andersson.pdf

Båtlivsundersökningen 2010; Transportstyrelsen; PDF. Hittades senast [2012-02-21] på: <http://www.transportstyrelsen.se/Sjofart/Fritidsbatar/Fakta-om-batlivet/Batlivsundersokningen-2010/>

Båtlivsundersökningen 2004; Transportstyrelsen; PDF. Hittades senast [2012-02-21] på: <http://www.transportstyrelsen.se/sv/Sjofart/Fritidsbatar/Fakta-om-batlivet/Batlivsundersokningen-2004/>

Båtmiljö.se; Miljöinformation om båtliv; Internetsida; Hittades senast [2012-02-21] på: <http://www.batmiljo.se/?id=7049>

Havet, 2010; *Havet 2010 - om miljötilståndet i svenska havsområden*; Samarbete mellan havsmiljöinstitutet och naturvårdsverket; ISSN: 1654-6741

HavsUtsikt 2/2010; Internettidskrift; Hittades senast [2012-02-21] på: <http://www.havet.nu/dokument/HU20102.pdf>

Holmkvist, Leif, 2008; *Varannan båtägare begår miljöbrott*; Tidskriften Miljöaktuellt, via internet; Publ. [2008-04-30]; Hittades på: <http://miljoaktuellt.idg.se/2.1845/1.159272>

hsr.se; Håll Sverige Rent, havstulpanvarning, Internetsida; Hittades senast [2012-02-21] på: <http://www.hsr.se/sa/node.asp?node=2813>

imo.org; International Maritime Organization, Internationella sjöfartsorganisationens hemsida; *Particularly Sensitive Sea Areas*; Hittades senast [2012-02-21] på: <http://www.imo.org/ourwork/environment/pollutionprevention/pssas/Pages/Default.aspx>

Kemikalieinspektionen

KemI 1998; *Biocidprocessen. Antifoulingprodukter. Fritidsbåtar*; Eriksson, Ulf. Lindgren, Petra. Olsson, Björne. Unger, Charlotte; PM 1998

KemI 2006; *Kemiska ämnen i båtbottnfärger*; Rapport 2/06; Hittades senast [2012-02-21] på: http://www2.kemi.se/upload/trycksaker/pdf/rapporter/rapport2_06.pdf

KemI databas, Kemikalieinspektionens databas, bekämpningsmedelsregistret; Hittades senast [2012-02-21] på: <http://apps.kemi.se/bkmregoff/>

MEPC (THE MARINE ENVIRONMENT PROTECTION COMMITTEE), 2003; *Guidelines for brief sampling of anti-fouling systems on ships*; RESOLUTION MEPC.104(49); Hittades senast [2012-02-21] på: <http://uscg.mil/hq/cg5/cg522/cg5224/docs/AFS%20Resolution%20MEPC.104%2849%29.pdf>

MEPC, 2009; *Guidelines for the development of the inventory of hazardous materials*; RESOLUTION MEPC.179(59); Hittades senast [2012-02-21] på: [http://www.imo.org/OurWork/Environment/ShipRecycling/Documents/RESOLUTION%20MEPC.179\(59\)%20Inventory%20guidelines.pdf](http://www.imo.org/OurWork/Environment/ShipRecycling/Documents/RESOLUTION%20MEPC.179(59)%20Inventory%20guidelines.pdf)

miljomal.se; *Sveriges miljömål*. Hittades senast [2012-02-21] på: <http://www.miljomal.se/>

Möller Olsen, Stefan, 2009; *Controlled release of environmentally friendly antifouling agents from marine coatings*; Ph.D. Thesis; Department of Chemical and Biochemical Engineering; Technical University of Denmark

Naturvårdsverket

- naturvardsverket.se; *Koppar i sjöar och vattendrag*; Naturvårdsverkets hemsida; Hittades senast [2011-11-17] på: <http://www.naturvardsverket.se/sv/Start/Statistik/Officiell-statistik/Statistik-efter-amme/Miljotillstandet-i-sotvatten/Koppar-i-sjoar-och-vattendrag/>
- Naturvårdsverket, 2006; *Underlagsrapporter till regeringsuppdraget om bly i ammunition*; Rapport 5624; ISSN: 0282-7298
- Naturvårdsverket, 2008 A; *Effekter av miljögifter på däggdjur, fåglar och fiskar i akvatiska miljöer*; Rapport 5908, Reviderad utgåva 2; ISSN: 0282-7298
- Naturvårdsverket, 2008 B; *Förslag till gränsvärden för särskilda förorenande ämnen*; Rapport 5799; ISSN 0282-7298
- Naturvårdsverket, 2010; PM 2010-06-09, Carlerup, Bo; Hittades senast [2012-02-21] på: http://www.naturvardsverket.se/upload/06_produkter_och_avfall/avfall/hantering%20av%20avfall/dumpning%20av%20avfall/PM-dumpning-TBT.pdf
- Naturvårdsverket, 2011; Rapport 6445; *Vilka halter av miljöfarliga ämnen hittar vi i miljön?*; ISSN 0282-7298
- Noaksson, Erik, H. Lutz, P. Rosander, J. Köping, T. Östberg, L. Stigh, S. Wadman, 2011; *Förstudie av innovationsupphandling av ren båtbottnen*; Slutrapport Naturvårdsverket; Projekt Dnr 309-7995-09 Nh
- Rydén, Lars, P. Migula, M. Andersson, 2003; *Environmental science*; 824 s; Uppsala, Baltic Univ. Press; ISBN: 9789197001700
- slv.se; Livsmedelsverkets hemsida; Uppdaterad [2011-10-26]; Hittades senast [2012-02-21] på: <http://www.slv.se/sv/grupp1/Risker-med-mat/Metaller/Koppar/Koppar---fordjupning/>
- Sternbeck, John; *Upptäckande och effekter av koppar i vatten och mark*; IVL Svenska Miljöinstitutet AB, 2000; IVL Rapport B1349
- vattenmyndigheterna.se, 2012; *Förklaring av termer och begrepp*;
- viss.lst.se; VISS, Vatteninformationssystem Sverige; databas; Hittades senast [2012-02-20] på: <http://www.viss.lst.se/>
- Ytreberg, Erik, J. Karlsson, B. Eklund, 2009; *Comparison of toxicity and release rates of Cu and Zn from antifouling paints leached in natural and artificial brackish seawater*; Department of Applied Environmental Science (ITM), Stockholms Universitet; PDF; Hittades senast [2012-02-21] på: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969710001804>

Förklaring till tabell 3

- Båt Vilken båt i ordningen man utför tester på.
- Prov Vilket prov i ordningen som tas. Kan skilja sig från båtnumret om man tar flera prover på samma båt. Ibland misslyckas ett prov om XRF-scannern inte hålls absolut stilla och då hoppas ett nummer över.
- Foto Vilket foto som hör till vilken båt. Hjälper till vid identifiering och förståelse hur skrovet ser ut vid analysdelen.
- SB/MB Segelbåt eller motorbåt?
- NM/GF Nymålad eller gammal färg? Kriterier bör införas i studie.
- S. färg Skrovfärg. Främst för identifiering. Kan möjligen ha viss inverkan på resultatet om bottenfärgen är mycket tunn.
- B. färg Bottenfärg. Vissa färger kan genast identifieras som bärare av metaller p.g.a. färgen.
- U. lager Underliggande färglager. Är den yttersta bottenfärgen sliten kan de underliggande färglagren skina igenom om de inte är bortslipade.
- L/B/D Båtens dimensioner. Längd, bredd och djup. Lämplig mätutrustning bör ordnas.
- Notering Allmänna iakttagelser såsom saker som kan underlätta vid identifiering av båten eller bottenfärgens skick.

För att ge exempel på hur detta kan se ut i praktiken visas i tabell 4 hur några provtagningar kan protokollföras i mallen från tabell 3.

Tabell 4. Exempel på hur protokollet i tabell 3 ovan fylls i.

Båt	Prov	Foto	SB	MB	NM	GF	S. färg	B. färg	U.lager	L	B	D	Notering
1	2	1		1	1		Vit	Svart	-	8	2	0.5	ny båt, "båtnamn", kontakt
2	3	2, 3	1			1	Vit	Blå	Röd	12	3	1.5	Flagig
3	6	4	1			1	Röd	Grå	Blå	10	3	1.5	Flera gamla färglager
"	7	5											Test på blå yta
4	9	6-9	1		1		Vit	Brons	-	7	2	1	VC-17? Heltäckande, fin

Kontakt med båtägare kan vara av intresse för att spåra orsak till höga värden av metaller. Är båten köpt på västkusten eller importerad från ett land där annan lagstiftning gäller kan antifoulingfärger ibland förbises av misstag. Då är det viktigt att man som köpare tar reda på vad som finns på båten och eventuellt åtgärdar det innan den sjösätts på östkusten eller i inlandet.

Dimensioner är av intresse för att uppskatta hur mycket färg som har målats på båten, hur mycket färg som finns på en marina eller hur mycket färg som finns i svenska vatten. Är båtmärket känt kan det skrivas i notering för att få fram fabrikk-specifikationer om dimensioner. Kan mängden färg uppskattas kan generaliserade jämförelser göras för att se miljöpåverkan i förhållande till andra kända utsläpp, t.ex. från Stockholms många koppartak.