

Projekt Skrov målet Båtbottenfärger och miljöfarliga färgrester

**Nulägesanalys och behov av ytterligare kunskap
avseende TBT, koppar och zink**



För:

Transportstyrelsen

Version: Slutlig

Upprättad: 2019-10-22

Uppdrag: 1116-285

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	4
1 UPPDRAG OCH SYFTE.....	6
2 KORT OM MILJÖFARLIGA BÅTBOTTENFÄRGER	7
2.1 TRIBUTYLTENN, TBT.....	7
2.2 KOPPAR	8
2.3 ZINK	8
3 FÖREKOMST OCH BELASTNING FRÅN BÅTSKROV.....	9
3.1 KOPPAR OCH ZINK.....	9
3.2 TENNORGANISKA FÖRORENINGAR I BÅTBOTTENFÄRGER.....	12
3.3 SPÄRRFÄRGER FÖR ÄLDRE TBT-FÄRGER	13
3.4 ÖVRIGA ANVÄNDNINGSMRÅDEN AV TENNORGANISKA ÄMNEN.....	13
4 TBT, KOPPAR OCH ZINK PÅ BÅTUPPLÄGGNINGSPLATSER.....	15
4.1 MARK.....	15
4.2 SPRIDNING FRÅN BÅTUPPLÄGGNINGSPLATSER.....	16
5 TRENDER OCH MILJÖTILLSTÅND	17
5.1 EFFEKTBASERADE JÄMFÖRVÄRDEN	17
5.2 TENNORGANISKA FÖRORENINGAR.....	17
5.3 KOPPAR OCH ZINK.....	18
6 SLUTSATSER OCH BEHOV AV YTTERLIGARE KUNSKAP.....	20
REFERENSER.....	23

Förord

Denna rapport är framtagen inom ramen för projekt Skrovmålet. Skrovmålet är ett samverkansprojekt som har initierats av Miljömålsrådet och drivs av Transportstyrelsen.

Projektet bygger på två olika uppdrag; samverkansåtgärden från Miljömålsrådet om "Båtbottenfärger och miljöfarliga färgrester" samt "Åtgärdsprogrammet för havsmiljön God havsmiljö 2020".

Målen för uppdraget Båtbottenfärger och miljöfarliga färgrester är att:

- minska användandet och förekomsten av otillåten båtbottenfärg på fritidsbåtar, samt bidra till att miljö kvalitetsmålen för Giftfri miljö, Hav i balans samt levande kust och skärgård uppnås.

Uppdraget med Åtgärdsprogrammet för God havsmiljö 2020 avser att:

- Kartlägga orsaker till förekomsten av fortsatt tillförsel av tributyltenn (TBT) och dess nedbrytningsprodukter i havsmiljön.
- Utredda behov av ytterligare reglering för att förhindra spridning av TBT till havsmiljön.
- Verka för att den reglering utredningen förespråkar tas fram.
- Utredda behov av och utifrån identifierade behov ta fram vägledning för att förhindra spridning av TBT till havsmiljön.

Transportstyrelsen har inte tagit ställning till innehållet i rapporten. Författaren svarar ensam för innehåll, slutsatser och eventuella rekommendationer.

Sammanfattning

Föreliggande rapport har författats av Fredric Engelke, miljökonsult hos Relement Miljö Väst AB, på uppdrag av Transportstyrelsen. Rapporten riktar sig till deltagare inom samverkansprojektet ”Skrovålet” som verkar för en bättre och giftfri havsmiljö. Skrovålet har initierats av Miljömålsrådet och drivs av Transportstyrelsen.

Syftet med rapporten är att sammanfatta nuvarande kunskap vad gäller förekomst, pågående belastning och miljöeffekter av TBT, koppar och zink i båtottenfärger på fritidsbåtar tillsammans med en analys av vilka kunskapsluckor som föreligger.

Idag används stora mängder koppar- och zinkbaserade båtåttfärger som antifoulingmedel för att minska påväxt på båtskrov. Användandet innebär att det sker en spridning av dessa tungmetaller till den kustnära vattenmiljön samt mark kring småbåtshamnar och båtupställningsplatser. Utförd kunskapssammanställning visar följande:

- Belastningen av koppar och zink från fritidsbåtar är betydande. Belastningen från svenska fritidsbåtar till i storleksordningen mellan 5 och 40 ton/år. Motsvarande belastning av zink skattas till mellan 40 till 100 ton/år. Spridning av koppar och zink från fritidsbåtar motsvarar 5-20% av den totala bruttobelastningen till vattenmiljön och är i samma storleksordning som exempelvis belastning via dagvatten från tätorter och statliga vägar.
- TBT-haltiga båtottenfärger finns fortfarande kvar på svenska fritidsbåtar. Andelen fritidsbåtar som har TBT-haltiga färger varierar geografiskt med högre andelar på västkusten, men totalt har ungefär 1 av 10 fritidsbåtar äldre TBT-baserade färger kvar på skroven. Det finns idag metoder för att direkt kunna mäta förekomst av TBT på båtskrov och i Stockholm används sedan 2019 ett rådgivande referensvärde för att bedöma om när sanering bör utföras ($\geq 100 \mu\text{g tenn}/\text{cm}^2$).
- Undersökningar visar att det finns stora mängder koppar, zink och TBT i mark inom båtuppläggningsplatser. Mycket höga halter i dagvattensystem/spolvattenbrunnar indikerar att det sker en spridning av koppar och zink samt även, trots förbuden, mycket giftigt TBT till mark och vatten från fritidsbåtarna.

- Koppar, zink och TBT i marken inom båtupställningsplatser utgör miljörisker för det lokala markekosystemet och närliggande ytvatten. Generellt bedöms hälsorisker via exponering från förorenad mark inom båtupläggningsplatser vara små. Observera att båtverksamhet kan ge andra typer av föroreningar (bly, PCB, kvicksilver, lösningsmedel) som kan innebära hälsorisker samt att underhåll av båtar med slipning/blästring/målning etc. innebär uppenbara spridnings- och hälsorisker.
- Miljöövervakning visar tydligt på sjunkande TBT-halter i sediment och mindre negativa effekter på organismer sedan förbuden infördes. Kring hamnar är sedimenten dock fortsatt kraftigt förorenade och det sker nytillförsel av TBT. Kraftigt förorenade sediment ger lokala negativa miljöeffekter men är även potentiella spridningsrisker. Trots att halterna minskar kommer det ta mycket lång tid innan de tennorganiska ämnena inte längre utgör några miljörisker.
- Miljöövervakningsdata indikerar att halterna av framförallt koppar ökar i havsmiljön i områden nära hamnar, varvsområden och större fartygsleder, sannolikt på grund av användningen av koppar i bottenfärger. Studier visar även att effektbaserade jämförvärden i en småbåtshamn förväntas överskridas på grund av utläckage av koppar och zink från bottenfärger.

Generellt bedöms kunskapen på nationell nivå vara god vad gäller användning, förekomst och effekter av tennorganiska ämnen, koppar och delvis även zink. Några kunskapsluckor har dock identifierats:

1. Pågående spridning av TBT från båtrelaterad verksamhet. Det sker idag ett nytillskott av tennorganiska ämnen. Undersökningar bör utföras av ansvariga för att bedöma omfattning och miljöeffekter. Data från undersökningarna sammanställs lämpligen nationellt.
2. Miljöeffekter av koppar och zink från antifoulingfärger. Fortsatt forskning rekommenderas.
3. Effektiva saneringsmetoder. Alternativa saneringsmetoder som kostnadseffektivt kan förhindra spridning av TBT och andra miljöfarliga föroreningar bör utredas för att få acceptans hos miljömyndigheter.

1 Uppdrag och syfte

Föreliggande rapport har författats av Fredric Engelke, miljökonsult hos Relement Miljö Väst AB, på uppdrag av Transportstyrelsen. Rapporten riktar sig till deltagare inom samverkansprojektet ”Skrovmålet” som verkar för en bättre och giftfri havsmiljö. Skrovmålet har initierats av Miljömålsrådet och drivs av Transportstyrelsen.

Idag används stora mängder koppar- och zinkbaserade båtbottnfärger som antifoulingmedel i för att minska påväxt på båtskrov och därmed minska motståndet i vattnet. Användandet innebär att det sker en spridning av dessa tungmetaller till den kustnära vattenmiljön samt mark kring småbåtshamnar och båtupställningsplatser.

Miljöfarliga ämnen från båtbottnfärger påträffas i sediment och vatten. En av de mest giftiga ämnen som tillverkats är TBT, tributyltenn, som tidigare användes i stor omfattning för bottenmålning av fartyg. TBT-baserade båtbottnfärger är numer är förbjudet, men trots detta påvisas TBT och nedbrytningsprodukter i sediment och vattenlevande organismer. Halterna är så pass höga att den miljö kvalitetsnorm för god ytvattenstatus som anges för TBT i kustnära havs- och sjösediment (1,6 µg/kg torrsvikt enligt HVMFS 2013:19) i många områden kring Sveriges kuster och i större sjöar inte uppnås.

Denna rapport sammanfattar de företrädevis svenska studier som finns avseende TBT, koppar och zink på båtskrov i småbåtshamnar samt båtuppläggningsplatser för fritidsbåtar.

Syftet är att sammanfatta nuvarande kunskap vad gäller förekomst, pågående belastning och miljöeffekter tillsammans med en analys av vilka kunskapsluckor som föreligger.

Rapporten beaktar inte ansvarsfrågan enligt Miljöbalken för föroreningar relaterat till båtbottnfärger. Ansvarsfrågan vad gäller förorenad mark vid uppställningsplatser har utretts av bland andra Statens Geotekniska Institut (SGI 2018a).

2 Kort om miljöfarliga båtbottnfärger

2.1 Tributyltenn, TBT

Tennorganiska föreningar, däribland tributyltenn, TBT, har använts som gift med bred biocidverkan i bland annat träskyddsmedel, stabilisatorer i PVC-plast och textilier. TBT är framförallt känt som en tillsats i båtbottnfärger då främst som tributyltennoxid, TBTO, med syfte att förhindra påväxt av alger och havstulpaner, s.k. antifoulingmedel.

De påväxthämmande färgerna började användas under slutet av 1960-talet och en omfattande användning på fartyg har medfört spridning av TBT i marina miljöer runt om i världen. Bottnfärger med TBT var billiga att framställa och mycket effektivare än tidigare använda biocider. Exempel finns på att bränsleförbrukningen hos större fartyg målade med TBT-haltig bottnfärg i genomsnitt minskade med ca 6 %. Bottnfärgerna med TBT var huvudsakligen självpolerande och färgen släppte långsamt tillsammans med påväxt från skrovet. Ny bottnfärg med TBT behövde påföras i intervall om 2-5 år.

Även mycket låga koncentrationer av TBT orsakar negativa effekter för de akvatiska organismer som exponeras. Hormonstörningar hos snäckor, skador på musslor mm. har konstaterats. Musslor anrikas TBT genom sin filtrering av små partiklar. Just bivalver (musslor med två skalhalvor som kan sluta tätt mot varandra) anrikas TBT i stor utsträckning eftersom de saknar effektiva sätt att utsöndra TBT jämfört med högre stående djur. TBT bioackumuleras och förhöjda TBT-koncentrationer har påvisats i ägg, lever och muskel hos olika fiskarter samt hos marina däggdjur. Kunskapen om effekterna hos fisk och högre marina däggdjur är dock fortfarande begränsad.

Sedan slutet av 1980-talet har användningen av TBT i båtbottnfärg varit förbjuden för mindre fartyg (<25m) och sedan 2003 är användningen förbjuden för alla storlekar inom EU. Internationellt har dock påmålning med TBT skett i några länder fram till 2008. Under 2008 kom även ett förbud för internationella fartyg att angöra EU-hamnar.

Från och med den 1 januari 2008 får fartyg inte ha några tennorganiska föreningar som fungerar som biocider i antifoulingssystem på sina skrov eller så måste de vara täckta med en beläggning som utgör en spärr för sådana föreningar som läcker ut från det förbjudna antifoulingssystemet.

2.2 Koppar

Koppar är ett grundämne som förekommer naturligt i jord, berggrund, vatten, sediment, grödor och används för en lång rad tillämpningsområden i samhället, exempelvis dricksvattenledningar, koppartak, bromsbelägg, elektronik etc. Koppar är för människan en nödvändig metall, men är konstaterat giftig för akvatiska organismer. Kopparoxid används idag som aktiv substans i båtbottnfärger för att förhindra påväxt på skroven. Andelen koppar i färgerna varierar mellan ca 5 till ca 50%. Högre kopparhalter tillåts på båtar med förtöjningsplatser på västkusten jämfört med på ostkusten.

Kopparutsläpp till vattenmiljöer kommer från diffusa källor så som luftutsläpp, nederbörd, vägtrafik, påverkan från jordbruks- och skogsmark etc. samt punktkällor från reningsverk, industrier, båtbottnfärger, gruvor och avfallsanläggningar. Naturlig påverkan kommer även från berggrund, jordmån och sediment.

2.3 Zink

Även zink är ett grundämne som förekommer naturligt i jord, berggrund, vatten, sediment, grödor etc. Zink är en livsnödvändig metall, men en för hög zinkhalt är skadlig för vattenlevande organismer. Användningen av zink i samhället är omfattande för exempelvis rostskydd (galvanisering), legeringar, färgtillverkning, ytbehandling och elektronik.

I båtbottnfärger används zinkoxid, vanligen i kombination med kopparoxider, för att minska påväxt på skroven. Båtbottnfärger innehållande zinkoxid har angetts vara fysikaliskt verksamma vilket innebär att det yttersta färglagret kontinuerligt släpper från båten och tar med sig påväxt, på detta sätt hålls båtbottn ren. Zink omfattas inte av biocidförordningen och det saknas nationell statistik över försålda kvantiteter etc. Innehållet av zinkoxid varierar mellan ca 5-30% i vanliga båtbottnfärger.

Zinkutsläpp kommer huvudsakligen från förbränning av olja, järn- och stålproduktion samt slitage av bildäck. Zink används även i tillverkningen av hustak och andra byggnadsmaterial, varifrån vissa utsläpp sker. Naturlig påverkan av zink förekommer också från berg, jordmån, sediment och vatten.

3 Förekomst och belastning från båtskrov

3.1 Koppar och zink

Både koppar och zink, främst i form av oxider, finns i nuvarande båtbottnfärger. Enligt en rapport från Svenska MiljöEmissonsData (SMED) från 2010 kan belastningen av koppar från båtbottnfärger till vattenmiljön vara betydande (SMED 2010).

Belastningen av koppar från båtbottnfärger beräknades i rapporten, baserat på försäljningssiffror från Kemikalieinspektionen, till 104 ton ren koppar. I beräkningen används försäljningsstatistik av antifoulingmedel för år 2008 med 137 ton främst kopparbaserade medel och ett antagande om att 90% av bottenfärgen årligen avgår till vattenmassan. Kopparbelastningen från båtbottnfärger motsvarar ca 50% av den beräknade totala bruttobelastningen (ca 200 ton/år) till vatten. Försäljningsstatistiken för de senaste åren redovisas i **Tabell 1** nedan.

Tabell 1. Försäljningsstatistik verksamma ämnen i bekämpningsmedel från Kemikalieinspektionen.

År	Antifoulingmedel (ton)	varav industri (ton)	varav hushåll (ton) "fritidsbåtar"	Kommentar
2017	71,2	39,3	31,9	Ämnena är till >99% kopparbaserade och utgörs till största delen av koppar(I)oxid.
2016	118,8	85,1	33,7	
2015	129,7	72,5	57,2	
2014	131,4	75,8	55,6	
2013	149,7	80,4	69,3	
2012	147,9	99,6	48,3	
2008	137,3	109,3	28,8	

Baserat på ovanstående statistik och antaganden om att 90% årligen avgår bedöms mängden ren koppar som sprids från båtskrov till vattenmassan uppgå till i storleksordningen 100 ton, varav ca 60-70% kommer från större kommersiella fartyg och ca 30-40% från fritidsbåtar. Spridningen utgör en betydande andel av den totala bruttobelastningen av koppar från både diffusa och punktkällor (ca 200 ton/år) som anges i SMED-rapporten. Belastningen av koppar från fritidsbåtar motsvarar bruttobelastningen från dagvatten i Sverige som enligt rapporten beräknas till 38 ton.

Vad gäller zink så beräknar SMED-rapporten att den årliga bruttobelastningen från diffusa och punktkällor till vatten uppgår till ca 1 000 ton. Belastningen av zink från båtbottnfärger är inte beräknad i rapporten och det saknas försäljningsstatistik för mängden zinkoxid som används i

båtbottenfärger. Andelen zinkoxid är dock betydande i flertalet båtbottenfärger. Baserat på ett antagande om att innehållet av zinkoxider i båtbottenfärger är i samma storleksordning som kopparoxider och att ca 90% årligen avgår till vattenmassan kan belastningen zink grovt skattas till ungefär samma mängder som för koppar, dvs. i storleksordningen 100 ton zink per år. Detta motsvarande ca 10% av den beräknade totala bruttobelastningen.

Spridning av koppar och zink kan även skattas med hjälp av uppmätta och modellerade läckagehastigheter från olika bottenfärger. I en undersökning angående spridning av biocider från fritidsbåtar (Ytreberg 2012) har läckagehastigheter av koppar och zink från olika typer av båtbottenfärger använts för att beräkna tillförd mängd per dag och bottenmålade fritidsbåtar. Den målade ytan för varje båt antas till ca 20 m². Resultaten redovisas i **Tabell 2** nedan.

Tabell 2. Läckagehastigheter och tillförd mängd koppar och zink per båt och dag (Ytreberg 2012).

Användnings- område	Färg	Läckagehastighet ($\mu\text{g cm}^{-2} \text{d}^{-1}$)		Tillförd mängd (g)/dag/båt	
		Cu	Zn	Cu	Zn
Västkust, koppar	Mille Xtra	6,3	2,3	1,3	0,48
Västkust, koppar	Cruiser P.A.	1,6	7,0	0,32	1,4
Ostkust, koppar	Cruiser One	0,9	2,0	0,17	0,39
Ostkust, fysikalisk	Micron Eco	-	12,6		2,5
Ostkust, fysikalisk	Mille Light	-	12,4		2,5

Enligt Båtlivsundersökningen från 2015 (Transportstyrelsen 2016) fanns det då ca 800 000 fritidsbåtar, varav ca 370 000 större båtar (dagsturbåtar och ruffade segel/motor-båtar). Av dessa är ca 170 000 hemmavarande i havsvatten längs kusterna. Bottenmålning är mera frekvent på väst- och södra ostkusten, men hur stor andel av dessa större fritidsbåtar som är bottenmålade med antifoulingfärger framgår inte av undersökningen. I vår skattning antas dock att den allra största andelen av större fritidsbåtar längs västkusten är bottenmålade (100%), medan andelen är något lägre längs syd- och ostkusten (80%) och ytterligare lägre längs norrlandskusten (50%). Totalt skattas i storleksordningen 140 000 större fritidsbåtar med antifoulingfärger finnas längs kusterna år 2015, se **Tabell 3** nedan.

Baserat på data från Ytreberg 2012 avseende tillförd mängd koppar och zink från bottenmålade fritidsbåtar, se **Tabell 2** ovan, kan den totala mängden som tillförs vattenmassan längs havskusterna skattas till mellan 5 och 20 ton koppar och mellan 10 och 40 ton zink per säsong (5 månader), se **Tabell 3** nedan.

Tabell 3. Bearbetad statistik från båtlivsundersökningen 2015 (Transportstyrelsen 2016) samt data avseende tillförd mängd koppar och zink från fritidsbåtar (Ytreberg 2012). Baserat på dessa uppgifter kan den totala mängden koppar och zink som årligen sprids från båtskrov skattas.

Kust	Antal större fritidsbåtar i havsvatten 2015	Andel bottenmålning (bedömning)	Antal bottenmålade fritidsbåtar	Tillförd mängd koppar (g/båt/dag)	Tillförd mängd zink (g/båt/dag)
Norrland	41 626	50%	20 813	0,2 - 0,4	0,4 - 2,5
Öst	49 255	80%	39 404	0,2 - 0,4	0,4 - 2,5
Syd	22 168	80%	17 734	0,3 - 1,3	0,5 - 1,4
Väst	59 122	100%	59 122	0,3 - 1,3	0,5 - 1,4
<i>Totalt</i>	<i>172 171</i>		<i>137 073</i>		
				Tillförd mängd koppar ton/säsong	Tillförd mängd zink ton/säsong
				5-20	10-40

En annan källa som har en stor påverkan på den totala tillförseln av zink till vattenmiljön är användandet av offeranoder i saltvatten. Offeranoderna används för att skydda bl.a. propeller och drev mot galvanisk korrosion. Ytreberg 2012 refererar till en brittisk studie där författarna har bedömt läckaget av zink från offeranoder till 0,8 kg/båt under en 9-månaders säsong. Detta skulle motsvara 0,44 kg/båt vid en 5-månaders säsong vilket innebär ett medelläckage på 3 g Zn/dag och båt. Detta är tre gånger så högt som zink-läckaget från en genomsnittlig bemålade västkustbåt. Användandet av zinkanoder i det salta vattnet längs väst- och delar av sydkusten innebär då ett ytterligare tillskott med i storleksordningen 30 till 60 ton zink per år.

Årlig belastning av koppar och zink från båtskrov redovisas i **Tabell 4** nedan. Skattningarna har utförts dels baserat på försäljningsstatistik från Kemikalieinspektionen och dels baserat på läckagehastigheter. I tabellen redovisas även spridning från kommersiella fartyg.

Tabell 4. Skattning av belastning av koppar och zink från båtskrov i svenska kustvatten, ton/år.

Skattning baserat på svensk försäljningsstatistik av kopparbaserade antifoulingmedel (Kemikalieinspektionen 2016) samt antagande om att 90% årligen sprids till vattnet.			Skattning baserat på läckagehastigheter från båtskrov (Ytreberg 2012) och båtanvändning (Båtlivsundersökningen, 2015).		
	Fritidsbåtar, ton/år	Kommersiella fartyg, ton/år	Fritidsbåtar, ton/år	Fritidsbåtar, offeranoder, ton/år	Kommersiella fartyg
Koppar	30 - 40	60 - 70	5 - 20	0	Ej beräknad
Zink	30 - 40	60 - 70	10 - 40	30 - 60	Ej beräknad

Skattad belastning av zink och koppar från båtskrov baserat på försäljningsstatistik för antifoulingmedel, samt antagandet om att 90% årligen sprids till vattenmiljön, blir något högre jämfört med skattning baserat på läckagehastigheter från båtskrov och statistik avseende fritidsbåtanvändningen.

Baserat på bruttobelastningarna angivna i SMED 2010 så utgör belastningen från fritidsbåtar en betydande andel av den totala belastningen av koppar och zink till vattenmiljön. För koppar är andelen ca 5-20% (total bruttobelastning ca 200 ton/år) och för zink ca 5-10% (total bruttobelastning ca 1000 ton/år).

Belastningen av koppar från alla fritidsbåtar i Östersjön beräknas till ca 57 ton per år (Ytreberg pers. kommentar). I utförda modelleringar beräknas belastningen från fartyg och fritidsbåtar öka i framtiden om inte olika åtgärder införs (SHEBA 2018).

Sammanfattningsvis konstateras att belastningen av koppar och zink från fritidsbåtar är betydande. Belastningen från svenska fritidsbåtar uppgår till i storleksordningen mellan 5 och 40 ton/år. Motsvarande belastning av zink skattas till mellan 40 till 100 ton/år. Spridning av koppar och zink från fritidsbåtar motsvarar 5-20% av den totala bruttobelastningen och är i samma storleksordning som exempelvis belastning via dagvatten från tätorter och statliga vägar.

3.2 Tennorganiska föroreningar i båtbottnfärger

Idag är båtbottnfärger baserade på tennorganiska ämnen, främst TBT, förbjudna i Sverige sedan 1989 avseende mindre fritidsbåtar och även för större fartyg sedan 2003. Det finns dock fritidsbåtar som har kvar äldre färglager på skroven. I en avhandling från 2017 (Bighiu, 2017) konstateras att

höga halter av tenn på båtskroven fanns på 10% av ca 600 fritidsbåtar från olika delar av Sverige. På västkusten förväntas andelen båtar med äldre TBT-baserade färger vara högre.

En oförstörande metodik för att påvisa om det finns tennorganiska färger kvar på båtskroven har tagits fram i Sverige (Ytreberg m. fl., 2016). Metodiken bygger på direktmätning på skroven med ett XRF-instrument. XRF-instrumentet kan mäta tenn någon millimeter in i bottenfärgen och förekomst av tenn är en tydlig indikation på att det finns äldre färglager med TBT kvar på båtskroven. Miljöförvaltningen Stockholms Stad använder ett rådgivande referensvärde för sanering av plastbåtar på $\geq 100 \mu\text{g tenn/cm}^2$. Plastskrov med tennhalter överskridande referensvärdet bör enligt Miljöförvaltningen ”saneras snarast” (Miljöförvaltningen Stockholm 2019).

Sammanfattningsvis konstateras att TBT-haltiga båtbottnfärger fortfarande finns kvar på svenska fritidsbåtar. Andelen fritidsbåtar som har TBT-haltiga färger varierar geografiskt med högre andelar på västkusten, men totalt har ungefär 1 av 10 fritidsbåtar äldre TBT-baserade färger kvar på skroven. Det finns idag metoder för att direkt kunna mäta förekomst av TBT på båtskrov och i Stockholm används sedan 2019 ett rådgivande referensvärde för att bedöma om sanering bör utföras ($\geq 100 \mu\text{g tenn/cm}^2$).

3.3 Spärrfärger för äldre TBT-färger

Sedan 2008 gäller totalförbud för bottenfärger som innehåller TBT. Färgen måste avlägsnas alternativt inneslutas med beläggning/färger som förhindrar spridning.

Spärrfärgernas effektivitet har undersökts i en studie från Stockholms universitet (Ferreira m fl., 2015). Resultaten varierade något beroende på typ/märke av spärrfärg men slutsatserna är att färgerna förhindrar spridning av TBT via diffusion, men att borstning och annan nötning av spärrskikten kan leda försämrad funktion. I studien rekommenderades därför inte spärrfärger som förseglingssmetod i de fall båtägaren avser att mekaniskt nöta på färgerna genom exempelvis borsttvättning.

3.4 Övriga användningsområden av tennorganiska ämnen

Tennorganiska ämnen används i en rad andra produkter. Mängderna är i storleksordningen 100-tals ton per år, men hur stor spridningen som sker till vattenområden är oklart. Den största användningen idag är som stabilisatorer i PVC-plast där tennorganiska ämnen kan utgöra ca 2%. Det är huvudsakligen olika dibutyltenn-baserade ämnen som används. Tennorganiska bekämpningsmedel har även använts som träskyddsmedel, då främst i form av tributylnaftenat.

Tennorganiska ämnen påträffas i avloppsreningsverk (avvattnat rötat slam) och i lakvatten från deponier. I en studie från 2006 (Sternbeck m fl., 2006) genomförde Naturvårdsverket en inventering av tennorganiska ämnen i svensk miljö med syfte att bland annat uppskatta diffus spridning. Dagvattenslam påvisade en lång rad olika butyl- och fenyltennföreningar. Vidare har höga halter tennorganiska föroreningar, främst butyltenn, påvisats i dagvatten och mark kring en plastindustri.

4 TBT, koppar och zink på båtuppläggningsplatser

4.1 Mark

I samband med skrapning, slipning, blästring, tvättning och annat underhåll av fritidsbåtar sprids färgrester från skroven till markytor, dagvattensystem, spolplattor och sediment/vatten inom och i anslutning till båtuppläggningsplatserna.

Statens Geotekniska Institut, SGI, redovisar en sammanställning av undersökningar samt förslag till lämpliga strategier för inventering, provtagning och riskbedömning av båtuppläggsplatser (SGI 2018). I rapporten redovisas resultat från ett stort antal undersökningar som visar att tennorganiska föreningar, koppar och zink finns i halter överskridande Naturvårdsverkets generella riktvärden för så kallad Mindre Känslig Markanvändning (MKM). MKM avser mark där vuxna vistas under arbetstid och barn vid i snitt 60 tillfällen/år. De generella riktvärdena beaktar hälsorisker samt skydd av markmiljö och en teoretisk spridning till skyddsvärt grundvatten. Uppmätta halter av TBT, koppar och zink i mark överskrider de generella riktvärden för MKM vad gäller miljörisker och spridning, se **Tabell 5** nedan. 90-percentilen för TBT överskrider riktvärdet för hälsa (avseende inandning av ångor).

Tabell 5. Halter (mg/kg TS) och effektbaserade jämförelsevärden för TBT, koppar och zink i mark på båtupplag (SGI 2018)

	Antal objekt	Medel	90-perc.	Riktvärde MKM	Riktvärde Hälsa
TBT	13	15	35	0,3	16
Koppar	25	1 400	4 200	200	96 000
Zink	25	870	1 900	500	160 000

Höga halter av koppar, zink och TBT i marken förväntas på alla platser där hantering så som skrapning, slipning, blästring, målning med/av båtbottnfärger utförts i betydande omfattning, se exempelvis markundersökningar från Stockholm (Priard m fl 2017).

Koppar, zink och TBT i marken inom båtuppläggningsplatser utgör miljörisker för det lokala markekosystemet och närliggande ytvatten. Enskilda båtuppläggningsplatser kan ha plats-specifika förhållanden där hälsorisker inte kan uteslutas, exempelvis uppläggningsplatser som sommartid används till lekplatser och/eller camping, men generellt bedöms hälsorisker via exponering från förorenad mark inom båtuppläggningsplatser vara små vad gäller TBT. Koppar och zink i marken utgör inga hälsorisker.

Observera att mark inom uppläggningsplatser ofta innehåller andra typer av föroreningar så som kvicksilver, PCB, bly mm. Detta har inte beaktats. Vidare kan blästring, slipning etc. av båtbottnfärger innebära hälsorisker via inandning av damm.

4.2 Spridning från båtuppläggningsplatser

Omfattning och effekter av spridning från uppläggningsplatser till närliggande vatten och sediment är helt beroende av de platsspecifika förhållandena som antal båtar, ålder, omhändertagande av dagvatten som avrinner från uppläggningsytor, underhåll, typ av markytor samt hur känslig vattenmiljön är i anslutning till uppställningsplatserna (vattenomsättning, sedimentationsförhållanden mm).

Även om variationen mellan olika uppläggningsplatser är stor förväntas en vanlig båtuppläggningsplats med ca 200 båtar som underhållits några decennier ha i storleksordningen 2-3 ton koppar och zink och 20-40 kg tennorganiska ämnen i den ytliga marken (Eklund m. fl. 2013).

Spridning av TBT, koppar och zink förväntas från alla uppställningsplatser. I de undersökningar som gjorts 2011 (Bengtsson m fl., 2011a, Bengtsson m fl. 2011b) inom Västra Götalands län konstateras extremt höga halter av TBT, koppar och zink i spolbrunnar samt tydlig påverkan i de ytliga sedimenten i hamnarna. Orsaken är med stor sannolikhet underhåll av båtar som har färglager med koppar och zink samt äldre lager med TBT-färger på skroven.

Undersökningarna ger mycket starka indikationer på att det, trots TBT-förbuden, sker ett nytillskott av tennorganiska föroreningar från fritidsbåtar till mark och vatten idag. Undersökningar utförda på uppdrag av Göteborgs Stad för åren 2008, 2011, 2014 och 2017 (Magnusson 2018) indikerar att det fortsatt sker en tillförsel av TBT i de inre delarna av de större småbåtshamnarna. I några hamnar har tillförseln minskat, möjligen beroende på installation av spolplattor och bättre hantering av spolvatten mm.

Utförda undersökningar visar att det finns stora mängder koppar, zink och TBT i mark inom båtuppläggningsplatser. Mycket höga halter i dagvattensystem/spolvattenbrunnar indikerar att det sker en spridning av koppar och zink samt även, trots förbuden, TBT till närliggande vattenmiljöer.

5 Trender och miljötilstånd

5.1 Effektbaserade jämförvärden

Det finns en lång rad olika riktvärden som används för att beskriva miljötilstånd och effekter i olika regioner (exempelvis östkust, västkust), miljöer (så som saltvatten, sötvatten) och matriser (fisk, bottenlevande organismer, sediment, ytvatten etc.). Utöver riktvärden finns även gränsvärden och olika miljökvalitetsnormer. För att underlätta för läsaren har vi valt att något summariskt sammanfatta dessa som ”effektbaserade jämförvärden”.

5.2 Tennorganiska föroreningar

Tillståndet i svenska havsområden övervakas för att kunna bedöma tillstånd och förändringar på kort och lång sikt. Omfattande provtagningar och mätningar utförs av den fria vattenmassan, sediment, organismer, bottenfauna och sammanställs regelbundet. Resultaten från svenska och internationella övervakningsprogram visar samstämmiga resultat avseende TBT som kan sammanfattas enligt följande:

- Sedan förbuden för TBT infördes syns tydliga förbättringar i havsmiljöerna med minskande halter i sedimenten och mindre negativa effekter (imposex) på utvalda organismer. Exempelvis kunde 2013 en förbättring noteras i 80% av 145 undersökta lokaler inom OSPAR (Nordöstra Atlanten inklusive Nordsjön), ingen förbättring i 16% och stabila bakgrundsnivåer i 4% (OSPAR 2013). Ytterligare exempel är att i Nordsjön så har halten tennorganiska ämnen i räkor minskat 10-faldigt sedan förbuden infördes och räkor utgör idag inga hälsorisker vid konsumtion (Verhaegen m. fl. 2011).
- Även om trenderna generellt visar på nedåtgående halter och en förbättring i miljön påvisas fortsatt mycket höga halter av TBT i främst hamnområden. Sedimenten är här ofta kraftigt förorenade och utgör en potentiell källa till spridning av TBT vid exempelvis stormar, fartygsrörelser och andra verksamheter som virvlar upp förorenade sediment och frigör dessa i vattenmassan. Fortsatt tillskott av TBT, efter förbuden, uppmäts fortfarande i främst hamnområden (Havet 2016).
- Nuvarande halter i kustnära sediment, hamnar och småbåtshamnar överskrider effektbaserade jämförvärden för sediment oavsett mätstation. HELCOM publicerade mätdata 2018 som visar att endast två av 178 mätstationer hade halter av TBT som var lägre än 1,6 µg/kg TS i Östersjön (HELCOM 2018).

Sammanfattningsvis kan man se tydliga trender med sjunkande TBT-halter i sediment och mindre negativa effekter på organismer. Kring hamnar är sedimenten dock fortsatt kraftigt förorenade och det sker nytillförsel av TBT. Kraftigt förorenade sediment ger lokala negativa miljöeffekter men är även potentiella spridningsrisker. Trots att halterna minskar kommer det ta mycket lång tid innan de tennorganiska ämnena inte längre utgör några miljörisker.

5.3 Koppar och zink

Belastningen av koppar och zink från fritidsbåtar är betydande, förmodligen i samma storleksordning som den totala belastningen från dagvattennätet (SMED 2010).

I en sammanställning utförd av Helsingforskommissionen år 2010 (HELCOM 2010) avseende data av provtagning av sediment mellan åren 2003 och 2008 visade indikationer på ökande halter av bland annat koppar och zink i ytliga kustnära sediment. Även om rapporten anger att resultaten är osäkra finns, enligt undersökningen, liknande resultat från andra nationella undersökningar och övervakningsprogram.

OSPAR-kommissionen konstaterar i en rapport från 2016 att halterna av koppar ökar i sediment och biota i vissa mätpunkter (OSPAR 2016). Ökningen syns i mätpunkter som är lokaliserade i anslutning till hamnar, varvsområden och större fartygsleder. Här överskrider kopparhalterna riskbaserade jämförvärden och halterna fortsätter att öka. OSPAR drar slutsatsen att problemen med koppar sannolikt är relaterat till båtbottnfärger och underhåll av fartyg, men generellt finns även problematik med dagvatten från jordbruk och vägar som kan bidra till förhöjda halter koppar i kustnära områden. OSPAR rekommenderar ytterligare lagstiftning och forskning inom antifouling för att kopparhalterna i utsatta områden ska minska. Zink är inte lika väl studerat.

I svensk miljöövervakning för biota (musslor, fisk etc.) syns för flertalet arter/data inga generella statistiska förändringar i koppar- eller zinkhalter eller andra tungmetaller under perioden från 1970-talet och fram till 2016 (Bignert m. fl. 2017). Undantaget är bly som verkar minska, troligen beroende på att bly förbjudits i bensin. Regionalt syns däremot både ökning och minskning av koppar och zink i sill/strömming. Kopparhalterna ökade i strömming från Hanöbukten och Gävlebukten, men minskar i norra Kattegatt och Stockholmsområdet (Jenssen 2012).

Modellering av halterna koppar och zink som förväntas uppkomma inom en småbåtshamn med båtar som har koppar- och zinkbaserade bottenfärger, visar att effektbaserade jämförvärden förväntas överskridas i vattenmassan (Lagerström m. fl. 2018).

Sammanfattningsvis indikerar miljöövervakningsdata att halterna av framförallt koppar ökar i havsmiljön i områden nära hamnar, varvsområden och större fartygsleder, sannolikt på grund av användningen av koppar i bottenfärger. Studier visar även att effektbaserade jämförvärden i en småbåtshamn förväntas överskridas på grund av utläckage av koppar och zink från bottenfärger.

6 Slutsatser och behov av ytterligare kunskap

Idag används stora mängder koppar- och zinkbaserade båtbottenfärger som antifoulingmedel för att minska påväxt på båtskrov. Användandet innebär att det sker en spridning av dessa tungmetaller till den kustnära vattenmiljön samt mark kring småbåtshamnar och båtupställningsplatser. Utförd kunskapssammanställning visar följande:

- Belastningen av koppar och zink från fritidsbåtar är betydande. Belastningen från svenska fritidsbåtar till i storleksordningen mellan 5 och 40 ton/år. Motsvarande belastning av zink skattas till mellan 40 till 100 ton/år. Spridning av koppar och zink från fritidsbåtar motsvarar 5-20% av den totala bruttobelastningen till vattenmiljön och är i samma storleksordning som exempelvis belastning via dagvatten från tätorter och statliga vägar.
- TBT-haltiga båtbottenfärger finns fortfarande kvar på svenska fritidsbåtar. Andelen fritidsbåtar som har TBT-haltiga färger varierar geografiskt med högre andelar på västkusten, men totalt har ungefär 1 av 10 fritidsbåtar äldre TBT-baserade färger kvar på skroven. Det finns idag metoder för att direkt kunna mäta förekomst av TBT på båtskrov och i Stockholm används sedan 2019 ett rådgivande referensvärde för att bedöma om när sanering bör utföras ($\geq 100 \mu\text{g tenn}/\text{cm}^2$).
- Undersökningar visar att det finns stora mängder koppar, zink och TBT i mark inom båtuppläggningsplatser. Mycket höga halter i dagvattensystem/spolvattenbrunnar indikerar att det sker en spridning av koppar och zink samt även, trots förbuden, mycket giftigt TBT till mark och vatten från fritidsbåtarna.
- Koppar, zink och TBT i marken inom båtupställningsplatser utgör miljörisker för det lokala markekosystemet och närliggande ytvatten. Generellt bedöms hälsorisker via exponering från förorenad mark inom båtuppläggningsplatser vara små. Observera att båtverksamhet kan ge andra typer av föroreningar (bly, PCB, kvicksilver, lösningsmedel) som kan innebära hälsorisker samt att underhåll av båtar med slipning/blästring/målning etc. innebär uppenbara spridnings- och hälsorisker.
- Miljöövervakning visar tydligt på sjunkande TBT-halter i sediment och mindre negativa effekter på organismer sedan förbuden infördes. Kring hamnar är sedimenten dock fortsatt kraftigt förorenade och det sker nytillförsel av TBT. Kraftigt förorenade sediment ger lokala

negativa miljöeffekter men är även potentiella spridningsrisker. Trots att halterna minskar kommer det ta mycket lång tid innan de tennorganiska ämnena inte längre utgör några miljörisker.

- Miljöövervakningsdata indikerar att halterna av framförallt koppar ökar i havsmiljön i områden nära hamnar, varvsområden och större fartygsleder, sannolikt på grund av användningen av koppar i bottenfärger. Studier visar även att effektbaserade jämförvärden i en småbåtshamn förväntas överskridas på grund av utläckage av koppar och zink från bottenfärger.

Generellt bedöms kunskapen på nationell nivå vara god vad gäller användning, förekomst och effekter av tennorganiska ämnen, koppar och delvis även zink. Det finns omfattande nationella miljöövervakningsprogram med långa tidsserier, statistik kring försäljning av koppar, studier av mängder/belastning och pågående svensk forskning kring båtbottnfärger. Det har även utvecklats en mätmetod för att snabb och kostnadseffektivt påvisa exempelvis äldre TBT-baserade färger på fritidsbåtar. Några kunskapsluckor har dock identifierats:

1. **Pågående spridning av TBT från uppställningsplatser och småbåtshamnar.** Det sker ett nytillskott av mycket giftig och sedan länge förbjuden TBT till sedimenten och vatten inom småbåtshamnar. Enstaka studier visar på mycket höga halter av tennorganiska ämnen i spolbrunnar och dagvattensystem inom båtuppläggningsplatser och detta är den mest troliga spridningsvägen. Omfattning och effekter av pågående spridning är platsspecifikt och bör undersökas för respektive hamn/småbåtshamn. Denna typ av undersökningar omfattas av nuvarande miljölagstiftning och rekommenderas drivas av de lokala miljömyndigheterna genom att förlägga ansvariga verksamhetsutövare. Data från undersökningarna bör sammanställas nationellt för att bättre kunna bedöma trender över tid och effekter av lokala insatser så som installation av spolplattor mm. Statens Geotekniska Institut har tagit fram vägledning för provtagning av mark inom båtuppläggningsplatser och det kan finnas motiv för att även ta fram en samlad vägledning för undersökning av spridning samt sediment inom småbåtshamnar. Kunskap om denna typ av undersökningar finns dock redan idag hos flertalet myndigheter och miljötekniska konsulter.
2. **Miljöeffekter av spridning av koppar och zink från båtbottnfärger.** Mängderna koppar och zink som sprids från båtbottnfärger är idag mycket stora och övervakningsdata

indikerar att halterna i redan påverkade vattenmiljöer ökar (hamnar, fartygsleder etc.). Prognoser visar att halterna förväntas öka om inte åtgärder vidtas. Fortsatt forskning kring miljöeffekter av koppar och zink relaterat till antifouling-färger samt alternativ behövs för att kunna ge bättre underlag till alternativa lösningar. Trots att zink är toxiskt för akvatiska organismer är idag zink undantaget i flera övervakningsprogram och det saknas även nationell statistik över zink i antifoulingmedel.

- 3. Kostnadseffektiva saneringsåtgärder.** Båtuppläggningsplatser och småbåtshamnar som har haft verksamhet under längre tid är regelmässigt vara förorenade av bland annat tennorganiska ämnen, koppar och zink i mark och sediment. Spridning av markföroreningar kan förhindras genom schaktsanering, muddring och deponering förorenade massor/sediment. Detta är däremot kostsamma saneringsmetoder och för att förhindra spridning av föroreningar finns alternativa saneringsåtgärder (täckning av markytor, dagvattenhantering etc.) som kan vara mer kostnadseffektiva. Alternativa åtgärder bör utredas principiellt för att få acceptans hos miljömyndigheterna.

Relement Miljö Väst AB



Fredric Engelke

Referenser

Bighiu M., 2017. Use and environmental impact of antifouling paints in the Baltic Sea. Avhandling, Stockholms Universitet 2017.

Bignert, A., Danielsson, S., Ek, C., Faxneld, S., Nyberg, E. 2017. Comments Concerning the National Swedish Contaminant Monitoring Programme in Marine Biota, 2017 (2016 years data), 10:2017, Swedish Museum of Natural History, Stockholm, Sweden

Eklund B, Johansson L., Ytreberg E, 2013. Contamination of a boatyard for maintenance of pleasure boats. Soils Sediments (2014) 14: 955. <https://doi.org/10.1007/s11368-013-0828-6>

Ferreira J., Bighiu M., Lagerström M., Eklund B., Eriksson Wiklund A-K., 2015. Undersökning av spärrfärgers effektivitet, Stockholms universitet.

Havet 2016. Om miljötillståndet i svenska havsområden, Havet 2015/2016, Havsmiljöinstitutet.

HELCOM 2010. Hazardous substances in the Baltic Sea – An integrated thematic assessment of hazardous substances in the Baltic Sea. Balt. Sea Environ. Proc. No. 120B.

HELCOM 2018. HELCOM Core indicator report, Tributyltin (TBT) and imposex, juli 2018.

Jenssen, JN, 2012. Baltic Sea Environment Fact Sheet 2012.

Knutzen, J., Green, N.W., 1995. Bakgrunnsnivåer av en del miljøgifter i fisk, blåskjell og reker. Data fra utvalgte norske prøvesteder innen den felles overvåking under Oslo-/Paris-kommisjonene 1990-1993. NIVA project O-80106/E-91412.

Lagerström M., Lindgren F J., Holmqvist A., Dahlström M., Ytreberg E., 2018. In situ release rates of Cu and Zn from commercial antifouling paints at different salinities. Marine Pollution Bullentin 127, sid 289-296.

Magnusson M., 2018. Effekter av tennorganiska föreningar 2017 rapport R 2018:06

Miljöförvaltningen Stockholm 2019. Miljöförvaltningens rådgivande referensvärden för utfasning av biocider på båtskrov, april 2019.

OSPAR 2013. Imposex and TBT: Status, trends and effects in marine molluscs: an improving situation?

OSPAR 2016. Metals in sediment and biota: status and trend of copper burden.

SHEBA 2018. Jana Moldanová m fl. Bonus SHEBA, Sustainable Shipping and Environment of the Baltic Sea region. Scientific final report, 2018.

SMED 2010. Bruttobelastning på vatten av metaller från punktkällor och diffusa källor – slutrapport 2010, Svenska MiljöEmissionsData, Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut.

SGI 2018a. Förorenad mark vid uppställningsplatser för fritidsbåtar, Ansvar och finansiering, SGI Publikation 43, Statens geotekniska institut, SGI, Linköping

SGI 2018b. Förorenad mark vid uppställningsplatser för fritidsbåtar Inventering, undersökning, riskbedömning och åtgärd. Publikation 42, Linköping.

Sternbeck J, Fäldt J, Österås A H., 2006. Screening of organotin compounds in the Swedish environment, Naturvårdsverket.

Pirard, E., Berntsson A., Pataki, R., von Heijne, P., 2017. Översiktliga miljötekniska markundersökningar av Parkmark och båtuppläggningsplatser i Stockholm, Liljemark Consultning AB, Miljöförvaltningen Stockholm.

Transportstyrelsen 2016. Båtlivsundersökningen 2015. En undersökning om svenska fritidsbåtar och hur de används.

Verhaegen, E. Monteyne T. Neudecker, I. Tulp, G. Smagghe, K. Cooreman P. Roose K. Parmentier, 2011. Organotins in North Sea brown shrimp (*Crangon crangon* L.) after implementation of the TBT ban.

Westerberg, 2011. Förstudie nettobelastning av metaller, delrapport Belastning av koppar från båtbottnfärg Ida Westerberg, IVL. SMED Rapport Nr 50 2011.

Ytreberg E., 2012. ITM-rapport 215, Spridning biocider från båtar – Undersökning av olika källor och dess bidrag.

Ytreberg E., Bighiu MA., Lundgren L., Eklund B., 2016. XRF measurements of tin, copper and zinc in antifouling paints coated on leisure boats. Environ Pollut June 2016.