

Afvaskning og afslibning af
biocidholdig bundmaling i
forbindelse med vedligeholdelse af
lystbåde på land

Jesper Højenvang
Dansk Sejlunion

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
MILJØVENLIG AFRENSNING AF BUNDMALING	7
UNDERSØGELSE AF MILJØBELASTNING VED EFTERÅRSAFVASKNING	8
MULIGHEDER FOR AT BEGRÆNSE MILJØBELASTNINGEN FRA EFTERÅRAFVASKNING	9
SUMMARY AND CONCLUSIONS	11
ENVIRONMENT-FRIENDLY CLEANING OF BOTTOM PAINT	11
EXAMINATION OF THE ENVIRONMENTAL IMPACT IN AUTUMN CLEANING	12
POSSIBILITIES OF REDUCING THE ENVIRONMENTAL IMPACT FROM AUTUMN WASHING	13
1 INDLEDNING	15
2 MILJØRIGTIG AFRENSNING AF BUNDMALING	17
2.1 BAGGRUND	17
2.1.1 Årsager til at fjerne gammel bundmaling	17
2.1.2 Aktuelt anvendte metoder til at fjerne gammel bundmaling	18
2.2 FORMÅL	18
2.2.1 Beskrivelse af afrensningsforsøgene	18
2.3 RESULTATER	19
2.3.1 Beskrivelse af det valgte testudstyr	19
2.3.2 Bådejernes vurdering af udstyret (bilag 1)	22
2.3.3 Miljøvurdering af metoderne - opsamlingsprocenter	29
2.3.4 Miljøforbedringer på vinterpladsen	30
2.4 KONKLUSION – MILJØRIGTIG AFRENSNING AF BUNDMALING	31
2.5 ANBEFALINGER TIL HAVNE OG SEJLERE	32
2.5.1 Gode råd til valg af udstyr	32
2.5.2 Forslag til procedure for vedligeholdelse og drift af udstyr	33
3 UNDERSØGELSE AF MILJØBELASTNING VED EFTERÅRSAFVASKNING AF LYSTBÅDE	35
3.1 BAGGRUND	35
3.2 BESKRIVELSE AF AFVASKNINGSFORSØGET	35
3.3 RESULTATER	36
3.3.1 Oplysninger om de deltagende både	36
3.3.2 Analyseresultater	37
3.4 KONKLUSION – AFVASKNINGSFORSØG	39
3.4.1 Anbefaling for at minimere miljøbelastningen	40
4 MULIGHEDER FOR AT BEGRÆNSE MILJØBELASTNINGEN FRA EFTERÅRSAFVASKNING	41
4.1 BAGGRUND	41
4.2 BESKRIVELSE AF EKSISTERENDE LØSNINGER TIL OPSAMLING OG RENSNING AF VASKEVAND	41
4.2.1 Havne med spulepladser	41

4.2.2	<i>Filtrering og rensning</i>	43
4.2.3	<i>Logistik</i>	44
4.2.4	<i>Økonomi</i>	45
4.3	KONKLUSION - ERFARINGER FRA EKSISTERENDE SPULEPLADSER	45
4.3.2	<i>Mulige teknologier der p.t. ikke anvendes på lystbådehavne til afvaskning</i>	46
4.4	RENSNINGSFORSØG UDFØRT I PROJEKTET	47
4.4.1	<i>Vandkvalitetskrav</i>	47
4.4.2	<i>Forrensning</i>	47
4.4.3	<i>Rensning med kulfilter</i>	48
4.4.4	<i>Rensning via grusfilter</i>	49
4.4.5	<i>Rensning med tilsætning af polymer og fældningskemikalier</i>	49
4.4.6	<i>Muligheder for recirkulering af vaskevand</i>	51
4.4.7	<i>Koncept for rensning baseret på erfaringer fra rensningsforsøg</i>	51
4.5	KONKLUSION – AFRENSNINGSFORSØG	52
4.5.1	<i>Anbefalinger vedr. opsamling og rensning af vaskevand</i>	52
5	KILDELISTE	55
6	BILAG	57
7	GRAFER	67

Forord

Projektet er udført i perioden juni 2001 til december 2002 af Dansk Sejlunion i samarbejde med Sejlklubben Ulvsund, Kalvehave Havn og Danmarks Miljøundersøgelser og er støttet af Miljøstyrelsens Program for Renere Produkter m.m.

Projektets resultater er sammenfattet i nærværende rapport. I forbindelse med projektet takkes Miljøstyrelsen, Danmarks Miljøundersøgelser, Bo Jensen Vandbehandling A/S, Festool Danmark, R.J. Engros ApS, Værebros Tømmerhandel A/S, H.F. Marine, Baden-Jensen A/S for hjælp, råd, vejledning, lån af udstyr m.m.

Derudover en tak til de sejlere fra Kalvehave Havn, som velvilligt har deltaget i forsøgene.

Til ledelse af projektet blev nedsat en styregruppe, som i projektperioden har afholdt tre møder. Styregruppen havde følgende sammensætning:

Pia Ølgaard Nielsen (formand), afløst af Helle Petersen, Miljøstyrelsen
Finn Jørgensen, Kalvehave Havns miljøudvalg
Martin Mørk Larsen, Danmarks Miljøundersøgelser
Steen Wintlev-Jensen, Dansk Sejlunion
Carl Gerstrøm, Dansk Sejlunion
Jesper Højenvang, Dansk Sejlunion

Brøndby den 26/1-2003

Jesper Højenvang
Dansk Sejlunion

Sammenfatning og konklusioner

Inden lystbåde males om foråret, er det på en del fartøjer nødvendigt først at fjerne gammel tilbageværende bundmaling. Den typiske årsag hertil er, at der gennem tiden er blevet opbygget mange lag maling på bunden. Det giver problemer ved, at overfladen krakelerer og skaller af og vil give en dårlig vedhæftning for et nyt lag maling. I projektet er renere teknologi til begrænsning af forureningen i forbindelse med fjernelse af gammel biocidholdig bundmaling blevet afprøvet og vurderet. Miljøgevinsten herved er blevet undersøgt.

Når lystbåde om efteråret tages på land for vinteren, er det normalt, at bunden vaskes for at fjerne evt. slim og algevækst. Ved denne afvaskning kan der samtidig blive fjernet rester af tilbageværende bundmaling, som kan give anledning til en miljøpåvirkning. Der findes imidlertid ikke mange data for hvor stor denne belastning er. Ej heller om moderne mindre miljøbelastende bundmalinger giver anledning til en tilsvarende mindre miljøbelastning. I projektet er miljøbelastningen i forbindelse med efterårsafvaskning af lystbåde malet med biocidholdig bundmaling gennem konkrete afvaskningsforsøg blevet undersøgt. I forlængelse heraf er mulighederne for at reducere miljøbelastningen fra bådafvaskning bl.a. undersøgt i en række rensningsforsøg.

Formålet har gennem disse forsøg dels været at undersøge miljøbelastningen i forbindelse med afvaskning og afrensning af lystbåde og dels komme med anbefalinger, til hvordan miljøbelastningen minimeres eller elimineres.

Miljøvenlig afrensning af bundmaling

De mest almindelige metoder og teknologier, der i dag anvendes til fjernelse af gammel bundmaling giver anledning til forurening på vinterpladser da afskrab, støv m.m. normalt ikke opsamles. Der savnes derfor nye og renere metoder til forårsafrensning af lystbåde, som kan minimere uhensigtsmæssig miljøpåvirkning, ved at reducere spildmængderne mest muligt.

Der er i projektet blevet identificeret og afprøvet renere teknologi løsninger til afrensning af bundmaling. De har i praksis vist sig at være effektive og anvendelige set fra et miljømæssigt såvel som fra et brugermæssigt synspunkt.

Projektet har vist, at der ved finslibning (kun fjernelse af øverste lag bundmaling) i gennemsnit afrenses 3,5 kg materiale for en båd på 30 fod. Skal al maling fjernes ned til primer, afrenses i gennemsnit 10 kg. Skal både maling og gelcoat fjernes (sker typisk hvis båden har glasfiberpest), afrenses der omkring 24 kg.

Kobberindholdet i de afrensede mængder er i gennemsnit 22% (for finslibning og fjernelse af al bundmaling ned til primer).

I forhold til de i dag anvendte metoder reduceres forureningen med kobber på vinterpladser betragteligt ved at anvende de testede metoder. Den mængde, der spildes på vinterpladserne, kan i gennemsnit reduceres med 99%.

For brugerne indebærer anvendelsen af de nye tillige arbejdsmiljømæssige fordele da de i høj grad undgår støv i lungerne.

Generelt har tilbagemeldingerne fra de personer, der testede det forskellige udstyr været positive. Der er enighed om, at det forskellige udstyr hver især er både effektivt og anvendeligt til de tre typer afrensning.

Der er udarbejdet en række anbefalinger til valgt af udstyr og ud fra projektets erfaringerne skal der som tommelfingerregel anskaffes ét anlæg pr. 100 både. Ved et anlæg forstås et vakuumskrabejern, en excentersliber og en støvsuger med tilhørende slanger og mundstykker. Et sådan anlæg kan erhverves for mellem 7.000 kr. og 13.500 kr. ekskl. moms. afhængigt af valg af støvsuger og slibemaskine.

Undersøgelse af miljøbelastning ved efterårsafvaskning

Miljøbelastningen ved afvaskning er afklaret gennem praktiske afvaskningsforsøg på Kalvehave Havn. Til dette formål blev der etableret en midlertidig spuleplads til opsamling af vaskevandet. I alt blev 22 både i efteråret 2001 hejst ind over presenningen og spulet. Efter hver afvaskning blev der udtaget prøver af vaskevand og bundfald, som senere blev analyseret for kobber.

Afvaskningsforsøget har vist, at der ikke findes nogen tydelig sammenhæng mellem den afvaskede mængde kobber og sejladsaktiviteten hhv. den påførte mængde maling, vandmængden anvendt til spuling og produktet.

Tilgængelighed har bundoverfladens beskaffenhed afgørende betydning for, hvor meget kobber der afvaskes. Fra bunde der krakelere og skaller af, afvaskes mest kobber. Derfor er det vigtigt, at bådejerne - for at undgå unødigt miljøbelastning - jævnlige vedligeholder bunden inden påføring af ny maling. Dette gøres ved at sikre:

- At overfladen ikke er krakeleret, er ujævn eller skaller af. Hvis dette er tilfældet skræbes eller slibes, indtil en glat overflade opnås. Herved sikres god vedhæftningsevne.
- At der ikke opbygges for mange lag maling ved jævnlige afrensning gamle lag.

Analysen af kobber i hhv. vandfase og bundfald viser, at hovedparten (99%) findes i bundfaldet. For at opnå en god rensning af vaskevandet er det derfor vigtigt at forsøge at skille bundfaldet fra med henblik på opsamling.

Der afvaskes i gennemsnit 6 gram kobber pr. båd ud af en samlet påført mængde kobber på 0,9-3,7 kg. Den samlede miljøgevinst ved at opsamle vaskevandet er ud fra en helhedsbetragtning beskedent. Potentialet for miljøforbedringer er 1½-7 promille set i forhold til den samlede påførte kobbermængde (hovedparten afgives i løbet af sejlsæsonen). Pr. 100 både kan der opsamles 60 g kobber.

Muligheder for at begrænse miljøbelastningen fra efterårfvaskning

Mulighederne for at rense spule vandet, m.h.p. efterfølgende at kunne udlede det rensede vand til recipient, er blevet undersøgt i projektet. Der findes i dag en række havne i Danmark, som har etableret en spuleplads til afvaskning af lystbåde med efterfølgende rensning. Anlæggene er alle reguleret efter forældede krav. Det konstateres, at de teknologier der anvendes med al sandsynlighed ikke kan leve op til de nuværende krav.

Gennem rensningsforsøg har det været et mål at opnå en rensning, der med al sandsynlighed opfylder de i dag gældende regler. Specifikt har målet været at opnå en udløbskoncentration på 2,9 mikrogram kobber/liter om end miljølovgivningen ikke nødvendigvis forudsætter så lav en koncentration i udledningen.

Rensningsforsøgene viste, at en enkel form for rensning, hvor vaskevandet forfiltreres og herefter passerer et kulfilter, ikke er tilstrækkelig til at opnå den ønskede slutkoncentration på 2,9 mikrogram kobber/liter. Metoden kan ej heller klare det krav, der stilles til flere af de eksisterende anlæg på 0,5 mg kobber/liter.

Til gengæld er der med en metode, der bl.a. er baseret på kemisk fældning opnået en rensningsgrad på 99,5% og en slutkoncentration på 10 mikrogram kobber/liter. Det konkluderes, at rensningen er særdeles effektiv. Metoden er mere kompliceret, da den involverer tilsætning af polymer og fældningsmiddel, omrøring m.m., men slutkoncentrationen svarer til eller er lavere end kobberindholdet i det vandhanevand der blev anvendt til afspulningen (koncentrationen i vandhane vandet var 10-80 mikrogram kobber/liter). Drikkevandkravet er til sammenligning 2000 mikrogram kobber/liter efter 12 timers henstand i rørene. Når vandet ledes ind i en husstands/havns vandinstallationer må det dog højst indeholde 100 mikrogram kobber/liter.

Teoretisk set vil metoden med kemisk fældning m.m. kunne rense ned til omkring ét mikrogram kobber/liter. På baggrund af forsøgserfaringerne med denne metode er der opstillet et koncept for opbygning af et anlæg til rensning af vaskevand. Det anslås, at et anlæg vil kunne erhverves for 50.000-70.000 kr. afhængig af kapacitet, med årlige driftsomkostninger på 4.000-5.000 kr. Dertil kommer udgifter til rådgivning i dimensionering og drift. Endelig vil der være anlægsudgifter m.m. til etableringen af selve spulepladsen. Erfaringen viser, at udgiften hertil beløber sig til 250.000-1.000.000 kr. (dette beløb er dog inkl. etablering af rensning, der beløber sig til 80-600.000).

Til lystbådehavne - herunder nye havne - der overvejer at etablere opsamling og rensning af vaskevand fra efterårfvaskning, er der udarbejdet en række anbefalinger. Disse sammenfatter ud fra erfaringerne på eksisterende spulepladser samt erfaringerne fra afvasknings- og rensningsforsøgene, en række forhold som havne bør overveje og vurdere.

Summary and conclusions

Before pleasure boats are painted in the spring, some boats need to have old bottom paint removed first. The typical cause of this is a build up of many layers of old bottom paint through the time. It is a problem, because the surface cracks and peels off and constitutes, therefore, a poor basis for a new layer of paint. In the project, cleaner technology has been tested and evaluated for a reduction of the pollution in connection with the removal of old bottom paint with biocide contents. The environmental gain from this has been examined.

When pleasure boats are taken ashore for the winter, the bottom is normally washed to remove slime and growth of algae, if any. During this washing, remaining bottom paint might be removed, which could have an environmental influence. Not many data are available showing the extent of this influence, nor if modern and less polluting bottom paints have a comparably smaller environmental impact. In the project, the environmental impact in connection with the autumn washing of pleasure boats, painted with bottom paint with biocide, has been examined through concrete tests. In continuation of that, the possibility of a reduction of the environmental impact from washing has been examined, among other things through a series of cleaning tests. The purpose of these tests has partly been to examine the environmental impact in connection with washing and cleaning of pleasure boats and partly to come up with some recommendations how to minimise or eliminate the environmental impact.

Environment-friendly cleaning of bottom paint

The most common methods and technologies that are used today to remove old bottom paint cause pollution at places where the boats are taken ashore for the winter, since scrapings, dust etc. are not normally collected. Therefore, new and cleaner methods are wanted for spring-cleaning of pleasure boats, which can minimise inappropriate environmental impact through a reduction of the amounts of waste as much as possible.

In the project, cleaner technology solutions for cleaning of bottom paint have been identified and tested. In practice they have turned out to be effective and usable seen from an environmental point of view as well as from the users point of view.

The project has shown that in fine sanding (only the top layer of bottom paint is removed), 3.5 kg are removed on average from a 30 feet boat. If all paint is removed down to the primer, 10 kg is removed on average. If both paint and gel-coat is removed (is typically done if the boat has fibre glass plauge) about 24 kg are removed.

The copper content of the removed amounts is on average 22% (for fine sanding and removal of all bottom paint down to the primer).

Compared with the methods used today, the copper pollution ashore during the winter is reduced considerably if the tested methods are used. The amount that is dropped ashore can on average be reduced by 99%.

To the users, the new methods also present working environmental advantages as they avoid dust into their lungs. In general, the responses from the persons who tested the different equipment have been positive. There has been general agreement that the individual equipment is both effective and usable for the three types of cleaning.

A series of recommendations have been made for the choice of equipment, and based on the experience from the project, one piece of equipment will be bought per 100 boats as a rule of thumb. One piece of equipment is to be understood as a vacuum scraper, a random orbital sander and a vacuum cleaner complete with pipe and pipe sleeve. Such a piece of equipment can be acquired for between 7.000 – 13,500 dkr. VAT excluded, depending on the choice of vacuum cleaner and random orbital sander.

Examination of the environmental impact in autumn cleaning

The environmental impact when cleaning has been clarified through practical cleaning tests in the harbour of Kalvehave. A temporary place for washing down was established for this purpose to collect the slops. In the autumn of 2001, 22 boats were hoisted above the tarpaulin and washed down. After each wash, samples were taken of the slops and the deposits, which were later analysed for copper. The washing test has shown that there is no clear connection between the amount of copper washed off and the sailing activity, the applied amount of paint, the amount of water used for washing and the product respectively.

On the other hand, the condition of the bottom surface is of decisive importance in respect of the amount of copper that is washed off. From cracking and peeling bottoms, more copper is washed off. Therefore, to avoid an unnecessary environmental impact, it is important that the boat owners maintain the bottom regularly before applying new paint.

To ensure that, the following rules must be observed:

- The surface must not be cracked, uneven or peel off. If it does, it is scraped or sanded till it is smooth. In doing so, a good adhesive power is obtained.
- Avoid a build up of too many layers of paint through a regular removal of old layers.

Analyses of copper in aqueous phase and deposit show that the major part (99%) is found in the deposit. Therefore, to obtain a good cleaning of the slops it is important to try to separate the deposit in order to collect it.

On average, 6 g of copper are washed off per boat out of total applied amount of 0.9 - 3.7 kg. The total environmental gain from collecting the slops is modest from an overall point of view.

The potential for environmental improvements is 1 ½ - 7 per thousand compared to the total applied amount of copper (the major part is released during the sailing season). 60 g of copper can be collected per 100 boats.

Possibilities of reducing the environmental impact from autumn washing

The possibilities of cleaning the slops, with a view to discharging the cleaned water to recipient, have been examined in the project. Today a number of marinas in Denmark have established a place for washing and subsequent cleaning of pleasure boats. All the equipment has been adjusted in accordance with outdated requirements. It has been demonstrated that the used technologies most probably will not be able to meet the present requirements.

Through cleaning tests, the aim has been to obtain a result that in all probability meets the current requirements. In the test the aim has been to reach a concentration of 2.9 micrograms of copper/l even though the requirement not necessary demand such a low concentration.

The tests showed that a simple cleaning, where the slops are filtrated first and then pass through a charcoal filter, is not sufficient to obtain the wanted final concentration of 2.9 micrograms of copper/l. Neither does the method meet the requirement of 0.5 mg of copper/l for several of the existing types of equipment.

However, with a method, based on chemical precipitation, a degree of treatment of 99.5% has been obtained along with a final concentration of 10 micrograms of copper/l. We must conclude that the cleaning is very effective. This method is more complicated as it involves the addition of polymers and precipitant, stirring etc., but the final concentration is the same as or lower than the copper content in the tap water that was used for cleaning, (the concentration of tap water was 10-80 micrograms of copper/l). The requirement for drinking water is by way of comparison 2000 micrograms of copper/l after 12 hours in the water pipes. When water is conducted into the installation of a house/harbour the requirement is 100 micrograms of copper/l.

Theoretically, the method of chemical precipitation will be able to clean down to around one microgram of copper/l. Based on the test experience of this method, a concept has been made for the construction of an equipment for cleaning of slops. An estimated price for such a piece of equipment would be 50,000 – 70,000 dkr., depending on the capacity, with some running annual expenses of 4,000 – 5,000 dkr. To this should be added expenses of guidance for dimensioning and operation. Finally, costs of establishing the cleaning place itself should be added. Experience shows that the costs here would amount to 250,000 – 1,000,000 dkr., (included is the establishment of cleaning, which amounts to 80 – 600,000 dkr.).

For marinas, including new marinas, which are considering establishing collection and cleaning of slops from autumn washing, a number of recommendations have been made. Based on the experience from existing cleaning places and the washing/cleaning tests, they comprise a number of conditions that marinas should consider and evaluate.

1 Indledning

Når lystbåde om efteråret tages på land for vinteren, er det normalt, at bunden vaskes for at fjerne evt. slim og algevækst. Ved denne afvaskning kan der samtidig blive fjernet rester af tilbageværende bundmaling, som kan give anledning til en miljøpåvirkning. Der findes imidlertid ikke mange data for hvor stor denne belastning er. Ej heller om moderne mindre miljøbelastende bundmalinger giver anledning til en tilsvarende mindre miljøbelastning.

Inden lystbåde males om foråret, er det på en del fartøjer nødvendigt først at fjerne gammel tilbageværende bundmaling. Den typiske årsag hertil er, at der gennem tiden er blevet opbygget mange lag maling på bunden. Det giver problemer ved, at overfladen krakelerer og skaller af og vil give en dårlig vedhæftning for et nyt lag maling. Spørgsmålet er, hvor stor miljøbelastningen er, og om der kan findes renere teknologi til løsning af opgaven.

Formålet med nærværende projekt har derfor gennem en række forsøg været at komme med anbefalinger til, hvordan miljøbelastningen i forbindelse med afvaskning og afrensning af lystbåde kan minimeres eller elimineres.

Projektet har således haft to overordnede mål:

1. at afprøve og vurdere renere teknologi til begrænsning af forureningen i forbindelse med fjernelse af gammel biocidholdig bundmaling.
2. at undersøge miljøbelastningen i forbindelse med efterårsafvaskning af lystbåde malet med biocidholdig bundmaling og i forlængelse heraf undersøge mulighederne for at reducere miljøbelastningen fra bådafvaskning bl.a. gennem konkrete afvasknings- og rensningsforsøg.

Omdrejningspunktet for projektet er miljøforhold knyttet til traditionelle bundmalinger, der pt. sælges på det danske marked. Aktivstoffet er hovedsageligt kobber evt. i kombination med "hjelpebiocider" som zinkpyrithion. Da der endnu ikke er udviklet en brugbar målemetode for zinkpyrithion pga. dettes stofs hurtige nedbrydningstid, fokuserer projektet kun på kobberbelastningen.

Ud over kobber og zinkpyrithion forventes hovedparten af de lystbådsmalinger, der i dag findes på markedet, ikke at indeholde andre stoffer, som kan være problematiske for vandmiljøet. Danmarks Miljøundersøgelser vurderer, at miljøproblemerne ved afslibning er knyttet til de biocider, der frigøres fra bundmalingen. Selve malingsmatricen forventes derimod ikke i sig selv at give anledning til miljøproblemer, idet malingen er fuldstændig polymeriseret.

Ved afvaskning af bunden om efteråret, vurderer DMU ligeledes, at der ud over biociderne ikke forventes at være stoffer i vaskevandet, der kan forårsage miljøproblemer i havmiljøet.

2 Miljørigtig afrensning af bundmaling

2.1 Baggrund

I forbindelse med klargøring og vedligeholdelse af lystfartøjer er det miljømæssigt relevant at undersøge mulighederne for at nedbringe belastningen fra afrensning og afslibning af gammel bundmaling. Det afrensede materiale forurener vinterpladserne, idet der ved de i dag anvendte teknologier spredes støv og afskrab, da det ikke opsamles i nævneværdig grad. Hvor meget der forurenes med kobber har dog tidligere været ukendt, og er derfor blevet undersøgt i projektet. Årsagerne til at fjerne gammel bundmaling er skitseret i det følgende.

2.1.1 Årsager til at fjerne gammel bundmaling

Skift til nye malingsystemer

Hvis der skiftes fra et bundmalingsystem til et andet, kan det nye system ofte ikke binde på det eksisterende. Det kan forekomme, hvis der skiftes fra et fabrikat til et andet, eller hvis der skiftes fra en malings teknologi til en anden eksempelvis fra polerende maling til epoxymaling eller fra kobberbaseret til teflonbaseret maling. Endvidere vil mange nye og mindre miljøskadelige malinger ikke kunne binde på traditionelle malinger eller omvendt. Det vil f.eks. være meget svært at få noget til at binde på et malingsystem med en meget glat overflade som silikone.

For mange lag gammel maling

De fleste malingsystemer, der anvendes på markedet i dag - med eller uden biocider - er polerende. Derfor skal de med jævne mellemrum have påført ny maling, typisk en gang om året. Ikke al maling poleres imidlertid af på en sæson. Der vil efter en sæson altid være et lille overskud tilbage, idet malingen ellers ville miste sin begroingshindrende effekt. Inden sæsonstart påføres der derfor typisk et nyt lag maling, og efter en årrække vil der blive opbygget mange lag af tilbagesiddende ikke afpoleret maling. På et tidspunkt bliver laget så tykt, at det begynder at skalle af. På dette tidspunkt er det nødvendigt at rense al malingen af ned til primeren og bygge op på ny for at sikre tilstrækkelig vedhæftningsevne. Intervallet for en fuldstændig afrensning vurderes at være 5-10 år.

Glasfiberpest

Endelig foretages en del fuldstændige afrensninger pga. glasfiberpest (en "sygdom" i glasfiberen, der bl.a. giver sig udtryk i små blærer. Kaldes også osmoseblærer). I disse tilfælde afrenses ikke blot malingen, men også den primer og gelcoat, der beskytter båden / glasfiberen mod vandindtrængning. Til denne type afrensning anvendes oftest sandblæsning.

De forskellige skitserede årsager til afrensning af maling indebærer, at der nu såvel som i fremtiden vil være et behov for gentagne afrensninger af bundmaling hhv. bundbehandling - næsten uanset, hvilken regulering der vil

komme.

2.1.2 Aktuelt anvendte metoder til at fjerne gammel bundmaling

De mest almindelige metoder og teknologier, der i dag anvendes til fjernelse af gammel bundmaling med er:

Kemikalier: Forskellige malingsopløbere (bums og specielle opløsningsmidler til både) smøres på bådens bund og opløser malingen. Den skræbes herefter af og bliver liggende på vinterpladsen. Afskrab og kemikalierester opsamles normalt ikke.

Sandblæsning: Nem og hurtig metode, men spreder støv og malingrester på et stort areal (sand og malingrester opsamles typisk ikke). Afrensningen udføres normalt af et specialiseret firma. Ved at opstille en presenning / telt omkring båden kan spredning af støvet begrænses.

Skrabejern: Malingen skræbes af med håndkraft med en lille metalskraber. Efterfølges af en afslibning med sandpapir (evt. anvendes der en rystepudser eller lign.). Afskrab og støv opsamles normalt ikke.

2.2 Formål

Der savnes nye og renere metoder til forårsafrensning af lystbåde, som kan minimere den skitserede uhensigtsmæssige miljøpåvirkning. Renere metoder forstås i denne sammenhæng som et samspil mellem maskiner / teknologi og arbejdsgange.

Formålet med denne del af projektet har derfor været at udvikle og afprøve renere metoder gennem konkrete afrensningsforsøg, der sigter på at reducere spilmængderne mest muligt og på at håndtere opsamlet afrensningsmateriale miljømæssigt forsvarligt.

Herved har det været intentionen, at pege på en ny praksis for afrensning gennem vidensopbygning, dels hvad angår miljøvenlige maskiner/teknologi og dels om ændrede arbejdsgange.

2.2.1 Beskrivelse af afrensningsforsøgene

2.2.1.1 Udvælgelse af egnet udstyr

Markedet er blevet undersøgt for egnet afrensningsudstyr, der kan opsamle / opsuge det afrensede materiale, således at det ikke spredes til omgivelserne. Det drejer sig om forskellige professionelle maskiner, der alle kan kobles til støvsugeranlæg. I afsnit 3.3.1 præsenteres det udstyr, der er blevet afprøvet i projektet.

2.2.1.2 Afprøvede typer af afrensninger

På Kalvehave Havn har der i efteråret 2001 og foråret 2002 været udført afrensninger på en række lystbåde for at vurdere udstyrets egnethed i forhold til:

- Behandling af både med glasfiberpest. Herved skulle det undersøges om udstyret kunne anvendes til at fjerne gelcoat og blotlægge glasfiberen uden at forurene omgivelserne.
- Afrensning af flere lag gammel maling ned til primeren (grovslibning).
- Afrensning af øverste lag maling (finslibning).

De praktiske forsøg havde endvidere til hensigt at afklare forhold vedr.:

- Tidsforbrug og bådejernes vurdering af udstyret. Hvordan udstyret er at arbejde med set i forhold til normale afrensningsmetoder.
- Logistik. Hvor mange anlæg, der kræves på en havn af en given størrelse, hvis de både, der har behov for afrensning skal anvende udstyret.

2.2.1.3 Miljøvurdering af metoderne

For at vurdere, hvor effektivt udstyret er til at opsamle det afrensede materiale, har der været udlagt en presenning under en række både i forbindelse med afrensningen. På vindstille dage (eller i læ af presenninger) har det på denne måde været muligt at opsamle og veje det støv og afslebne materiale, der ikke er blevet opfanget i støvsugeranlægget. Herved er "spildprocenten" bestemt og sammenlignet for forskelligt udstyr.

2.2.1.4 Miljøforbedringer på vinterpladsen

Det afrensede materiale der er opsamlet i støvsugeren, er blevet vejlet og analyseret for indholdet af kobber. Analyserne giver et overslag over, hvor meget kobber, slibestøvet indeholder og dermed også, hvor meget kobber der afrenses pr. båd.

På baggrund heraf er den kobbermængde som vinterpladsen samlet set vil kunne skånes for estimeret.

2.3 Resultater

I det følgende gives først en kort beskrivelse af det valgte testudstyr, og herefter præsenteres bådejernes erfaringer med udstyret samt resultaterne fra veje- og analysearbejdet.

Skemaerne i bilag 1 og 2 viser de samlede resultater fra afrensningsforsøgene præsenteret i oversigtsform.

2.3.1 Beskrivelse af det valgte testudstyr

2.3.1.1 Afrensningsudstyr

Gelcoat høvl

Gel Planer er en speciel høvl beregnet til glasfiber og fremstillet til at fjerne maling, primer og gelcoat typisk i forbindelse med behandling af glasfiberpest. Høvlen er forsynet med et stor udsugningsmundstykke, der giver mulighed for tilkobling af tyk (Ø 50 mm) støvsugerslange for effektiv opsamling af det afrensede materiale. Høvlens arbejdsdybde kan justeres afhængigt af, hvor meget gelcoat, der ønskes fjernet.

Excenterslibere

Festool Rotex Ro 150 E er en tre-i-en maskine; excentersliber, roterende excentersliber og poleremaskine. Har hastighedsregulering og omskifter

mellem excenterbevægelse og roterende bevægelse for hhv. finere slibearbejde og grovslibning. Slibeskivens diameter er 150 mm. Der er i øvrigt et luftflow fra midten af skiven og ud til en række huller placeret i kanten af skiven, hvorigennem afslebet materiale opsuges. Dette skulle bevirke, at afslebet maling ikke brænder fast.

Rupes BR 65AE er en excentersliber af samme størrelse og udformning som Festool Rotex. Maskinen har hastighedsregulering og en slibediameter på 150 m.m. Modsat Festoolmaskiner er der ikke omskifter for grov- og finslibning, ej heller luftflow fra midten af slibeskiven.

Rupes BR 35AE er en ”lille” excentersliber, der har en mere traditionel udformning. Effektmæssigt er den ikke nær så kraftig som Rupes BR 65AE, men har ellers samme funktionsbeskrivelse.

Rotationsliber

Festool RAS 115.04 E minder om en vinkelsliber, men kører med færre omdrejninger. Har hastighedsregulering. Slibeskivens diameter er mindre end excentersliberens (125 mm.) Der er støvopsugning via en kappe, som kan drejes afhængig af sliberetningen.

Rystepudser

Rupes SSPF er en stor og kraftig rystepudser med støvudsugning via huller i bunden af slibesålen. Maskinen har ikke hastighedsregulering.

Vakuumskrabejern

Vacuum Scraper er i princippet et almindeligt skrabejern, der blot er udformet med et hult håndtag der gør det muligt at tilkoble en støvsuger.

For yderligere oplysninger og sammenligning af det valgte udstyr henvises til bilag 1.

2.3.1.2 Støvsugere

Valget af støvsuger er vigtigt, idet støvet fra afrensning af bundmaling betegnes som sundhedsfarligt. Det stiller krav til støvsugerens udformning, især til filtrene og poserne. Det kan være fristende at koble en almindelig husholdningsstøvsuger til afrensningsudstyret, men dette må absolut frarådes. Der er to hovedproblemer ved at anvende almindelige støvsugere:

- Filtreringsgraden er for dårlig.
- Poserne er for små.
- Sugekraften er for lav.
- Manglende stikkontakt til el-værktøj på støvsugeren.
- Støvsugeren bliver let ødelagt p.g.a. direkte køling med sugeluften.

Hvis filtreringsgraden er for lav passerer en stor del af de afrensede partikler gennem støvsugeren og ud i luften, hvor de nemt kan indåndes. Arbejdstilsynet stiller krav til støvsugere, der anvendes til miljøfarligt støv. Filtrene skal være mærket med en af følgende klassifikationer:

- BIA C (tilbageholder 99,9% af støvet) eller BIA K tysk standard (99,95% af støvet).
- DOP < 99,97% - Svensk standard
- EN 60335-2-69
- EU 12 til EU 14.

Samme klassifikationer bør være krav for filtre i støvsugere, der anvendes til afrensning af bundmaling på en lystbådehavn.

Almindelige husholdningsstøvsugere kan ikke levere et særligt stort vakuum, hvilket er nødvendigt ved brug sammen med el-værktøj. De har ofte ét blæserhjul, som giver meget luft. De er gode til almindelig rengøring og er billige. Professionelle støvsugere har oftest to eller flere blæserhjul, der giver et kraftigere sug. Det har man brug for til el-værktøj med små huller, da de giver et stort tryktab (Beslaco, 2002).

For at være anvendelig til brug på en lystbådehavn, bør støvsugeren opfylde en række øvrige krav som almindelige støvsugere ikke opfylder. For det første skal den kunne anvendes udendørs. For det andet bør støvsugeren have en tilslutning for el-værktøj (strømuttag). Dette strømuttag (stikdåse) skal til dansk "jordstik" ligesom netkablet skal være med dansk "jordstik". Støvsugere og el-værktøj skal ifølge Elektricitetsrådet efterses hver 3. måned hvis de er med dansk jordstik og hver 6. måned, hvis de er dobbeltisolerede (se www.elraadet.dk).

Fordelen ved indbygget stikkontakt er, at støvsugeren starter automatisk, når der tændes for el-værktøjet. Omvendt fortsætter støvsugeren med at suge i 5-20 sekunder (afhængig af model) efter der er slukket for el-værktøjet. Herved suges slange og værktøj rent.

Starmix Maxi Sail ARZ 1435 KiP 250 EW

Tilladt til miljøfarligt støv. Med en filtreringsgrad på 99,9% opfyldes arbejdstilsynets krav til opsugning af sundhedsfarligt støv. Filterne og poserne er BIA C godkendt. Støvsugeren er monteret på et kraftigt kørestel med store 25 cm luftgummihjul baghjul, der gør støvsugeren terrængående. Den har lås på begge forhjul, så den ikke ruller væk under brug. Kan anvendes til såvel våd- som tørstøvsugning og med eller uden poser. Støvsugeren er forsynet med filtervibrator, der anvendes til renholdelse af filteret, hvis støvsugeren anvendes uden støvpose (til opsugning af afrenset bundmaling bør der altid anvendes støvpose). Har endvidere lysindikator for tilstoppet filter/fyldt støvpose (kan også fås i en "M" udførelse med lydindikator/-alarm). Støvsugerposerne er 2-lags BIA C godkendte støvposer.

I samarbejde med importøren af Starmix blev støvsugeren i projektforsøget modificeret til forholdene på en lystbådehavn. Der blev mulighed for at anbringe værktøjskasser med slibepapir og maskiner fornedet på kørestellet. Og kroge til forlængerledning blev monteret således, at alt nødvendigt materiel blev samlet på kørestellet.

Festool SRH 204

Tilladt til miljøfarligt støv. Med en filtreringsgrad på 99,995% opfyldes arbejdstilsynets krav til sundhedsfarligt støv. Filteret er BIA C godkendt. Kan anvendes til såvel våd- som tørstøvsugning. Har antistatisk funktion, som forebygger opladning af statisk elektricitet. Støvsugeren har endvidere variabel sugeeffekt, og indstilling af slangediameter (volumenstrøm) samt lydindikator for tilstoppet filter/fyldt støvpose. Der leveres BIA godkendte 2-lags filterposer til støvsugeren. Posen er omgivet af sort plasticpose som ved poseskift lukkes med en medfølgende strips. Plasticposen mindsker risikoen for spild.

Rupes KS 250 EP

Tilladt til miljøfarligt støv. Med en filtreringsgrad på 99,9% opfyldes arbejdstilsynets krav til sundhedsfarligt støv. Filterne og poserne er BIA godkendt. To udtag for tilslutning af el-værktøj. På toppen er støvsugeren forsynet med en værktøjsbakke med plads til maskiner og tilbehør. Der er mulighed for at koble trykluftværktøj til støvsugeren. Dette forudsætter dog, at støvsugeren samtidig kobles til et trykluftanlæg. På en lystbådehavn er denne mulighed derfor ikke umiddelbart anvendelig. Har ikke indikator for tilstoppet filter/fyldt pose. Støvsugeren er monteret med 20 cm gummi baghjul og er rimelig terrængående.

2.3.2 Bådejernes vurdering af udstyret (bilag 1)

Vurderingerne er opdelt i tre kategorier:

- Afrensning af maling, primer og gelcoat. Typisk i forbindelse med behandling af glasfiberpest (osmose), hvor maling og primer-/gelcoatlaget fjernes, således at glasfiberen blotlægges. Denne type afrensning benævnes "glasfiberpest"
- Afrensning af al maling. Fjernelse af flere lag gammel maling ned til primeren. Denne type afrensning betegnes "grovslibning"
- Afrensning/slibning af øverste lag maling. Denne type betegnes "finslibning".

2.3.2.1 Afrensning af maling, primer og gelcoat (glasfiberpest)

I alt tre forskellige maskiner blev afprøvet til denne type afrensning. Én båd på Kalvehave Havn indgik i forsøget. Den havde begyndende glasfiberpest med mange små og synlige osmoseblærer på overfladen. De afprøvede maskiner var Festool rotationssliber, Festool excentersliber og Gel Planer.

Rotationssliberen:

Overfladen var efter afrensning ru og ujævn med slibespor / slibemærker. Der kræves derfor efterbehandling med en anden maskine, der sliber finere - f.eks. en excentersliber.

Støvopfanget på rotationssliberen justeres ved at dreje på et håndtag monteret på siden af maskinen. Støvopfanget skal justeres præcist i forhold til arbejdsvinklen; ellers ryger en del af det afslebne materiale ved siden af. Maskinen kræver nogen muskelkraft af køre med. Der blev anvendt en meget grov skive til afrensningen (korn 24). Der var tendens til at malingen brændte sig fast i skiverne. Skiveforbruget var 3-4 stk. pr. m². Det tog 1 time og 20 minutter at afrense 1 m².

Excentersliberen

Nem at arbejde med. Med de groveste skiver og den lille excenterbevægelse er maskinen ret effektiv. Dog ikke helt så effektiv som rotationssliberen. Det tog 2 timer pr. m² at rense af, så glasfiberen blev blotlagt. Til gengæld var overfladen meget flot og glat og krævede måske kun en mindre efterslibning med en finere skive. Det vurderes derfor, at maskinen i forhold til den samlede behandling er hurtigere end rotationssliberen.

Der blev anvendt meget grove skiver (korn 24) og malingen brændte ikke fast, hvilket betyder, at skiveforbruget er væsentligt mindre end med

rotationssliberen. Der blev brugt under 1 skive pr. m². Maskinen har et luftflow fra midten af skiven og ud. Dette er formentlig forklaringen på, at malingen ikke brænder fast, idet skiven hele tiden holdes ren.

Excentersliberens støvopsugning fungerede rimeligt effektivt, og spildet var mindre end fra rotationssliberen. Især de yderste bløde bundmalingslag blev effektivt opsamlet. Derimod kneb det lidt med den meget hårde gelcoat, idet maskinen måtte vinkles en smule for at kunne rense belægningen af. Herved blev mere materiale "tabt" fra overfladen (maskinen skal holdes helt plan på overfladen for at sikre en effektiv opsamling. Diameteren på skiven er 15 cm og er dermed større end på rotationssliberen (12,5 cm).

Gel Planer

Maskinen er meget effektiv og klart den hurtigste af de tre afprøvede maskiner. Det tog kun ca. 5-15 minutter at afrense 1 m². Bladene på høvlen holder til ca. 5 m². Overfladen var efter afhøvlingen rimeligt pæn og jævn, og glasfiberen fremstod helt rå og uden rester af primer og gelcoat. Bådejeren vurderer dog, at bunden skal efterbehandles med excentersliber for at glatte overfladen yderligere. Efterbehandlingen kan formentlig undgås ved at finjustere høvl dybden, idet høvlsporene dermed bliver mindre.



Afrensning med Gel Planer

Maskinen er lidt tung at arbejde med, og man bliver træt i armene. Endvidere skal man sørge for, at det kun er det øverste lag glasfiber, der afrenses for ikke at skade underliggende glasfiber. Der skal holdes god afstand til metaldele f.eks. skroggennemføringerne (der må efterfølgende slibes rundt om disse). Maskinen larmer meget, hvilket i visse tilfælde kan være til gene for omgivelserne i lystbådehavnen.

Af de tre afprøvede maskiner er Gel Planer fra et bådejerssynspunkt klart at foretrække pga. dens effektivitet.

Efterbehandling

For alle tre metoder gælder, at bådens bund skal efterbehandles med en let sandsvirpning - gerne med vandinjektion - for at slå evt. dybere liggende

osmoseblærer i stykker. Hvis dette forsømmes, risikerer man, at der hurtigt kommer blærer i glasfiberen igen.

2.3.2.2 Afrensning af al maling (grovslibning)

Skrabejern

I alt 10 bådejere anvendte skrabejernet til fjernelse af den gamle bundmaling. På alle både var der opbygget for mange lag gammel maling. Bådbundene var alle krakelerede, og overfladen var ujævn pga. afskalninger. De fleste både har aldrig tidligere været afrenset. Enkelte bådejere ved ikke, om bunden har været afrenset og én båd blev afrenset for 16 år siden.

Alle bådejere er enige om, at skrabejernet i høj grad er effektivt til afrensning af bundmaling. Faktisk er skrabejernet så effektivt, at det ud over malingen også kan fjerne primeren. 2/3 af bådejerne fjernede således også primeren med skrabejernet.

Generelt mener bådejerne, at skrabejernet er meget anvendeligt til opgaven. Flere anfører dog, at det kræver en del arbejde, og at der skal lægges kræfter i. Dog ikke mere end ved almindelige metoder. Hovedparten anfører, at skrabejernet er nogenlunde nemt at arbejde med.

Støvsamlingen er særdeles effektiv, og flere udtrykker, at det er dejligt at slippe for svineriet. Støvsugerens bevirkede, at det ikke var nødvendigt at anvende maske og beskyttelsesbriller. Enkelte konstaterede, at arbejdspladsen var "uhyggelig" ren bagefter.



Afrensning med vakuumskrabejern.

Jernene holder længe. Der bruges i gennemsnit 2-3 jern til en 30 fods sejlbåd (bundareal 16 m²). Flere af bådejerne råder andre, der vil benytte vakuumskraberne, til at runde jernets meget skarpe og spidse kanter lidt med en fil før brug. Jernet kan ellers nemt lave dybe skraberidser, hvis det kæntres en smule og det sker uvægerligt.

Efterbehandling

Efter afskrabningen sleb alle bådejere bunden med en slibemaskine for at glatte overfladen og fjerne evt. tilbagesiddende bundmaling/primer. Festool excentersliberen blev foretrukket til efterbehandling, og bådejerne brugte mellem 5-45 minutter pr. m² afhængigt af:

1. hvor effektivt/grundig afskrabningen var udført
2. hvor godt maling/primer hæftede til de underliggende lag
3. kornstørrelsen på slibepapiret (der blev anvendt korn 60-180)
4. finish - bådejernes individuelle krav til slutresultatet.

Jo grundigere der blev afrenses med skrabejernet, desto mindre var behovet for efterbehandling.

Excenterslibere

Excentersliberne blev testet for at vurdere deres egnethed i forhold til at fjerne al bundmaling. De tre testede maskiner kunne alle klare opgaven men vurderes til at være mindre egnet til opgaven i forhold til skrabejernet. Det skyldes, at de er:

- Tungere at arbejde med i forhold til skrabejernet. Særligt når der arbejdes under bunden på de næsten vandrette flader.
- Langsommere.
- Dårligere til opsamling af det afslebne materiale. Det var bådejernes generelle indtryk, at opsamlingen var ringere sammenlignet med skrabejernet.

Til gengæld efterlader de en pænere overflade end skrabejernet, og efterslibning (med større kornstørrelse) er meget hurtigt udført eller helt overflødig.



Afslibning med Festool excentersliber.

Af de testede maskiner brændte malingen mindst fast på slibeskiverne ved brugen af Festool excentersliberen. Generelt blev fastbrænding dog ikke oplevet som et problem. Det skal nævnes, at der i forsøget er anvendt specielt

sandpapir beregnet til maling/lak, hvilket er nødvendigt for at undgå fastbrænding.

Af de tre excenterslibere virker den "lille" excentersliber fra Rupes (BR 35AE) mest handy, men er ikke nær så effektiv som de to andre. Festool er den mest effektive, idet den kan anvendes som excentrisk rotationssliber. I denne position er den dog samtidig sværere at styre og kræver en del kræfter at arbejde med.



Bådejerne vurderer til gengæld, at excentersliberne er rimeligt velegnede til efterbehandling af bunden, når først størstedelen af malingen er fjernet med skrabejern.

"Lille" excentersliber fra Rupes.

Rystepudser

Erfaringerne med rystepudseren er stort set de samme som for excentersliberne beskrevet ovenfor. Det skal dog tilføjes, at den ikke sliber med hele slibesålen på flader der krummer indad samt delvist på de plane flader (bl.a. kølen). Derimod er det bådejernes erfaring, at den er særdeles effektiv på flader, der krummer udad.

Rystepudseren vurderes derfor ikke umiddelbart at være anvendelig til formålet med mindre den anvendes i kombination med f.eks. en excentersliber. Samtidig er den et helt kilo tungere end de to store excenterslibere, hvilket gør slibearbejdet endnu tungere, hvor maskinen skal trykkes opad.

2.3.2.3 Afrensning/slibning af øverste lag maling "finslibning"

Til finslibning blev rystepudseren og excentersliberne afprøvet. Excentersliberne viste sig særdeles egnede og rimeligt hurtige. En båd på 30 fod kan finslibes på 2-3 timer med korn 120-180. Rystepudseren kan også anvendes, men er som beskrevet ovenfor mindre egnet til flader, der krummer indad.

2.3.2.4 Generelt

Fælles for de testede maskiner er, at der på bådens bund er steder, hvor maskinerne ikke kan komme ind. Her kan det måske være nødvendigt med en meget lille rystepudser, deltasliber eller slibeklods med udsugning. Dette er imidlertid ikke blevet testet i projektet.

2.3.2.5 Tidsforbrug

Af bilag 1 fremgår det, hvor lang tid testpersonerne ved anvendelse af de enkelte metoder i gennemsnit har brugt på forskellige typer afrensning. Den angivne tid er for afrensning af 1 m². På nedenstående skema er beregnet den gennemsnitlige tid til afrensning af en hel båd baseret på de enkelte afrensningstyper.

Afrensingsgrad	Metode	Tidsforbrug gennemsnit (t)	Tidsforbrug til efterbehandling (excentersliber) (t)	Tidsforbrug i alt (Gennemsnit for 30 fods båd)(t)
Al maling samt primer og gelcoat fjernet (glasfiberpest)	Gelcoat høvl	2½	(3½)	2½ (6)
	slibemaskiner	26½	1½	28
Al maling fjernet ned til primer (grovslibning)	skrabejern	8	3½	11½
	excentersliber	16½	1½	18
Finslibning	excentersliber	1¾	-	1¾

Tabel 1. Gennemsnitlig timeforbrug ved forskellige typer afrensning af 30 fods sejlbåd.

Som det fremgår, er gelcoathøvlen klart hurtigst, når både maling, primer og gelcoat skal fjernes. Til det samlede tidsforbrug skal dog lægges tid til en let sandsvirpning af bunden (for at fjerne evt. dybere siddende blærer).

Når kun malingen skal fjernes, er skrabejernet i kombination med excentersliberen den hurtigste metode. En 30 fods sejlbåd kan afrenses på en weekend.

Ifølge de testpersoner, der tidligere har afrenset/slebet bundmaling og behandlet glasfiberpest, er de testede metoder generelt hurtigere og mere effektive end de normale maskiner/metoder, de anvendte på daværende tidspunkt.

2.3.2.6 Logistik

På baggrund af projektet er det konstateret, at behovet for reparationer af glasfiberpest er ret beskedent. Det skønnes, at 1-5% af bådene i en havn pr. år har behov for denne type afrensning. Hvad sejlerne har størst behov for, er afrensning af al bundmaling (grovslibning). Her vurderes behovet i gennemsnit at være omkring 10% af bådene pr. havn pr. år.

Behovet for finslibning har på Kalvehave Havn været ret beskedent. Ved anvendelse af de selvpolerende malinger, som de fleste sejlbådsejere i dag anvender, er behovet minimalt. Et gennemsnitligt skøn er, at 5-10% af bådene i en havn pr. år finslibes i bunden inden påføring af ny maling.

Ovenstående behov kan selvfølgelig variere fra havn til havn.

Fra bådene om efteråret tages på land, og til de søsættes om foråret går der ca. 4½ måned. Inden for dette tidsrum har højt sat 25% af bådene behov for en behandling. Anvendes de hurtigste metoder jf. ovenstående skema, svarer det til et samlet tidsforbrug på 162½ time (Glasfiberpest: 30 timer + grovslibning: 115 timer + finslibning: 17½ time). Dette svarer til i alt lidt over 20 arbejdsdage à 8 timer.

Ud fra ovenstående betragtninger vurderes det, at der som tommelfingerregel skal anskaffes ét anlæg pr. 100 både. Der er herved god tid til at koordinere brugen af anlægget, selv om det primært anvendes i weekenderne, og selv om vejret efterår og vinter ind imellem være en hindring for udendørs arbejde. Ved anlæg forstås:

- et vakumskrabejern,
- en excentersliber

- en støvsuger med tilhørende slanger og mundstykker samt forlængerledning.

Et sådan anlæg kan erhverves for mellem 7.000 kr. og 13.500 kr. ekskl. moms. afhængigt af valg af støvsuger og slibemaskine (se vejledende priser på bilag 1).

Gelcoat høvlen er meget kostbar, og da behovet for glasfiberpestbehandling er beskedent, vil det i de fleste situationer være fornuftigt at leje frem for at anskaffe maskinen, hvorfor den ikke er med i ovenstående anlæg.

2.3.2.7 Ergonomi

Generelt er metoderne hårde for armene. Det anbefales, at der holdes pauser undervejs, idet chancen for overbelastning af led og muskler er til stede (to testpersoner døjede efter afrensningen med dårlig albue). Dette anses ikke som et specielt problem i forhold til de anvendte metoder, men som et generelt problem ved afrensningsarbejde med maskiner. En fordel ved testmaskinerne er, at de generelt er mere effektive end normalt anvendte metoder.

2.3.2.8 Vurdering af støvsugerne

Hvad angår effektivitet har det været svært at vurdere støvsugerne i forhold til hinanden. Alle tre klarede opgaven tilfredsstillende.

Flere testpersoner oplevede det som et problem at vide, hvornår støvsugerposen skulle tømmes. If. importøren af Starmix bør en støvsugerpose ikke fyldes mere end 30-50%, når der støvsuges meget fint støv op. Det skyldes, at porerne i pose materialet efterhånden bliver mættet af fint støv. Derved nedsættes sugesevnen, og posen bør skiftes. Det er derfor en fordel med store poser (på bilag 1 fremgår priser og størrelse på poserne til de testede støvsugere). Når sugesevnen nedsættes, dvs. når luftmængden, der passerer igennem støvsugeren bliver for lille, er der på flere af støvsugerne indbygget en indikator herfor.

På Festool støvsugeren er der indbygget en lydindikator, hvilket virkede rigtig godt. Bådejerne behøvede dermed ikke løbende - som på Starmix støvsugeren, at holde øje med om indikatoren lyste. Rupes støvsugeren har ingen indikator. Det var derfor periodevis nødvendigt at undersøge om posen skulle skiftes.

Poseforbrug

Der blev i gennemsnit anvendt:

- 3 poser ved afskrabning af al maling + efterbehandling med excentersliber (30 fods båd)
- <1 pose ved finslibning
- 5-6 poser ved fjernelse af gelcoat (glasfiberpestbehandling)



Støvsugere fra hhv. Festool (til venstre), Starmix (til højre).

Slangetykkelse

Et forsøg med forskellige slangetykkelser (Ø 27 mm og Ø 38 mm) viste klart, at der gennem den tykkeste slange opsamles mere af det afrensede materiale (se bilag 2 under finslibning). Dette er ikke overraskende, da der kan transporteres mere luft gennem en tyk slange, hvilket resulterer i en højere opsamlingsprocent. Til skrabejern og slibemaskiner anbefales derfor en slangetykkelse på Ø 38 mm. Tyndere slanger bør kun anvendes til let støv i mindre mængder.

Udformning

En fordel ved Starmix og til dels Rupes støvsugeren er deres store hjul, der gjorde det nemt at køre rundt på havnens ujævne terræn. Festool støvsugeren bør med dens små hjul bæres rundt eller monteres på en vogn/sækkevogn. En fordel ved Starmix støvsugeren i forhold til de to øvrige er, at der på kørestellet er plads til værktøjskasser, således at alt udstyr kan transporteres som en samlet enhed.



Rupes støvsuger.

2.3.3 Miljøvurdering af metoderne - opsamlingsprocenter

For de forskellige typer afrensning og afprøvede maskiner er det afrensede materiale blevet vejet og spildprocenten fastlagt.

I skemaet i bilag 2 fremgår opsamlingsprocenterne for de forskellige typer afrensning og for de enkelte maskiner. I tabellen nedenfor er de gennemsnitlige mængder og spildprocenter angivet.

Afrensingsgrad	Spildprocent	Totalt afrenset mængde (kg)	Totalt spild (kg)	% Cu i TS	Totalt afrenset Cu (kg)	Cu i spild (kg) (pladsforurening)	Forureningsreduktion % Cu
Al maling samt primer og gelcoat fjernet	8,3%	24,02	1,99	0,05%	0,01	0,001	91,7%
Al maling fjernet ned til primer	1,1%	10,14	0,12	20,1%	2,18	0,023	98,9%
Finslibning	0,7%	3,43	0,02	26,0%	0,86	0,007	99,3%

Tabel 2. Gennemsnits resultater for hhv. spildprocenter, afrensede mængder, kobberindhold, forureningsreduktion m.m. ved anvendelse af de enkelte metoder ("totalt afrenset mængde" og "totalt spild" er for afrensning af en 30 fods sejl båd. Totaler er omregnet ud fra gennemsnittet af resultaterne fra afrensingsforsøgene, hvor der typisk blev lavet afrensning og opsamling på 1 m²).

Som det ses, afrenses der i gennemsnit omkring 24 kg ved fjernelse af maling, primer og gelcoat. 10 kg ved fjernelse af al maling og knap 3,5 kg ved finslibning.

Spildet er minimalt med de anvendte metoder. Der spildes omkring 1% ved grov- og finslibning. Ved behandlinger af glasfiberpest spilder gelplaneren 4,5% (i snit 8,3%, hvis afrensning med slibemaskiner regnes med).

For slibemaskinerne er der ikke overraskende en tendens til, at grovere skiver giver et større spild. Ved finslibning, hvor der anvendes korn 120 eller derover, er spildet mindre i forhold til f.eks. korn 24 (se bilag 2).

2.3.4 Miljøforbedringer på vinterpladsen

Resultaterne af kobberanalyserne fremgår af bilag 2. Som det ses, varierer kobberindholdet i malingerne fra båd til båd og afhænger formentlig af, hvor mange lag gammel bundmaling, der sidder på båden.

I tabellen ovenfor er angivet det procentvise gennemsnitlige kobberindhold i de afrensede mængder. Tabellen viser samtidig, hvor meget kobber, der totalt afrenses ved de enkelte afrensningstyper og det spild (pladsforureningen), der vil forekomme ved anvendelse af metoderne.

Som det fremgår for båden, der har haft glasfiberpest, afrenses der totalt set kun 10 gram kobber. Ved anvendelse af testmaskinerne er spildet til vinterpladsen kun 1 gram kobber. Det lave kobberindhold skyldes formentlig, at der kun sad omkring 6 lag gammel maling på bunden.

Ved grovslibning afrenses der i gennemsnit lidt over 2 kg kobber. Ved anvendelse af det testede udstyr reduceres spildet til 23 gram. For finslibning afrenses der 860 gram kobber, og ved anvendelse af testudstyret begrænses forureningen af vinterpladserne til 7 gram. For disse to typer afrensning begrænses kobberforureningen af vinterpladserne med omkring 99% i forhold til traditionelle metoder.

Ved at anvende behovsprocenterne fra det tidligere afsnit "logistik". Den samlede kobberforurening uden opsamling kan pr. 100 både beregnes (gennemsnits kobbermængde ved afrensningstypen) x (%-del der bruger den pågældende afrensningstype) x 100. Tilsvarende beregning kan foretages for afrensning med testmaskiner. Resultaterne ses i nedenstående skema.

Afrensingsgrad	Cu-spild pr. 100 både normale metoder uden opsamling (pladsforurening)	Cu-spild pr. 100 både ved anvendelse af testmetoder (pladsforurening)	Forureningsreduktion (kg)
Alt maling samt primer og gelcoat fjernet	0,06 kg	0,006 kg	0,058 kg
Alt maling fjernet ned til primer	21,77 kg	0,228 kg	21,54 kg
Finslibning	8,56 kg	0,066 kg	8,49 kg
Samlet	30,39 kg	0,30 kg	30,09 kg

Tabel 3. Kobberforurening pr. 100 både for normale afrensingsmetoder i forhold til testmetoderne.

På en gennemsnitlig lystbådehavn, vil der skønmæssigt være opbevaret 200 både på vinterpladsen og vil normalt blive forurenet med 60 kg kobber om året. Ved anvendelse af testmetoderne vil den samlede forurening kunne reduceres til 300 gram.

Forureningen vil hovedsageligt blive fordelt under hver af de både (25 %), der har behov for afrensning. Vinterpladsarealet pr. båd skønnes i gennemsnit at være 52 m². Dette svarer i gennemsnit til en kobberforurening på 23 g/m² uden opsamling og 0,2 g/m² ved brug af testmetoderne.

2.4 Konklusion – miljørigtig afrensning af bundmaling

Der er i projektet blevet identificeret og afprøvet renere teknologi til afrensning af bundmaling. Den har i praksis vist sig at være effektiv og anvendelig set fra et miljømæssigt såvel som fra et brugermæssigt synspunkt.

Projektet har vist, at der ved finslibning i gennemsnit afrenses 3,5 kg materiale for en båd på 30 fod. Skal al maling fjernes ned til primer, afrenses i gennemsnit 10 kg. Skal både maling og gelcoat fjernes, afrenses der omkring 24 kg.

Kobberindholdet i de afrensede mængder er i gennemsnit 22% (for finslibning og fjernelse af al bundmaling ned til primer).

I forhold til de i dag anvendte metoder reduceres forureningen med kobber på vinterpladser imidlertid betragteligt ved at anvende de testede metoder. Den mængde, der spildes på vinterpladserne, kan i gennemsnit reduceres med ca. 99%.

For brugerne indebærer anvendelsen af de nye tillige arbejdsmiljømæssige fordele da de i høj grad undgår støv i lungerne.

Generelt har tilbagemeldingerne fra de personer, der testede det forskellige udstyr været positive. Der er enighed om, at det forskellige udstyr hver især er både effektivt og anvendeligt til de tre typer afrensning.

2.5 Anbefalinger til havne og sejlere

2.5.1 Gode råd til valg af udstyr

Nedenstående anbefalinger kan anvendes i forbindelse indkøb af afrensingsudstyr:

2.5.1.1 Afrensning af maling og gelcoat

Til fjernelse af maling samt gelcoat er Gel Planeren meget effektiv og meget anvendelig. Den efterlader en rimelig pæn og plan overflade (skal dog efterbehandles med en let sandsvirpning med vandinjektion for at slå evt. dybere liggende osmoseblærer i stykker). Da Gel Planeren er meget kostbar, og da antallet af totalafrensninger er beskedent, anbefales det at Gel Planeren lejes, når behovet opstår.

Sandblæsning/-svirpning - helst med vandinjektion - kan også anvendes til hele behandlingen, men støv/sand vil i så fald indeholde kobber og skal opsamles og bortskaffes miljømæssigt forsvarligt. Kommunen kan rådgive herom. Det anbefales, at båden "pakkes ind" i et telt for at undgå støvproblemer.

2.5.1.2 Afrensning af at bundmaling ned til primer

Til dette anbefales vakuumskrabejernet, der i forhold til slibemaskiner er hurtigere og mere effektiv. Samtidig er spildprocenten meget lav. Brugen af skrabejern kræver dog efterbehandling med slibemaskine.

2.5.1.3 Finslibning og efterbehandling

Både til finslibning og efterbehandling (bl.a. efter brug af skrabejern) anbefales excentersliberen, der er den mest anvendelige af de testede typer slibemaskiner, da den i forhold til rystepudseren kan anvendes på krumme flader og i forhold til rotationssliberen efterlader en pænere overflade.

En fordel ved excentersliberen fra Festool i forhold til de øvrige maskiner er, at malingen - pga. det luftflow der er hen over slibesliven - har sværere ved at brænde fast. Derudover har den en omskifter for hhv. grov- og finslibning. Disse forhold bør indgå i overvejelserne ved valg af excentersliber.

2.5.1.4 Støvsugere

Ved køb af støvsuger gives følgende anbefalinger:

- Vælg kun professionelle støvsugere, der er beregnet til el-værktøj (automatisk tænd-/slukfunktion), og som har filtre, der opfylder AT's krav til miljøfarligt støv f.eks. BIA C. Importøren/leverandøren skal kunne dokumentere at kravene opfyldes.
- Vælg en støvsuger, der kan anvendes udendørs og er regntæt (min. IP 23) og sørg for, at den er rimeligt terrængaende (har store hjul). Mindre støvsugere kan evt. monteres på en sækkevogn.
- Vælg en støvsuger, der har indikator for skift af pose.
- Vurder prisen på støvsugerposerne i forhold til rumindhold og kvalitet (priser fremgår af bilag 1).

2.5.1.5 Logistik - hvor mange anlæg skal der bruges?

Ud fra projektets erfaringer skal der som tommelfingerregel anskaffes ét anlæg pr. 100 både. Ved et anlæg forstås et vakuumskrabejern, en excentersliber og en støvsuger med tilhørende slanger og mundstykker.

2.5.2 Forslag til procedure for vedligeholdelse og drift af udstyr

Hvis en havn vælger at investere i afrensningsanlæg, er det vigtigt at sikre, at udstyret betjenes korrekt og fungerer optimalt for at undgå unødigt forurening. Hvis en støvsuger eksempelvis kører uden filter, eller en slange er hullet, eller hvis fyldte støvsugerposer ikke afleveres korrekt som kemikalieaffald, mistes den miljøforbedring, der opnås ved at anvende udstyret.

Det anbefales derfor, at havnen udarbejder en fast procedure for drift og vedligeholdelse af udstyret for at sikre, at det altid fungerer korrekt. I den forbindelse bør der udpeges en eller flere personer (f.eks. havnefogeden) som ansvarlig for, at procedurerne følges. Følgende forhold bør indgå i procedurerne:

- Periodisk kontrol af, om udstyret er intakt og fungerer korrekt (er der revner i støvsugerslanger, er udsugningshuller i slibesål tilstoppede osv.) Ifølge Elektricitetsrådet skal el-værktøj og støvsugere regelmæssigt kontrolleres for fejl (stærkstrømsreglementet).
- Kontrol, rengøring og udskiftning af støvsugerfiltre.
- Instruktion til brugerne i korrekt betjening af udstyret, herunder:
 - hvordan og hvornår støvsugerposen udskiftes (bør kun fyldes halvt; en evt. indikator på støvsugeren viser, hvornår posen skal skiftes)
 - hvor støvsugerposer med malingsstøv/afskrab skal afleveres. (instruktionen kan evt. indgå i en lejekontrakt mellem havn og bruger).

Yderligere erfaringer fra projektet eller spørgsmål til anvendelse af anlæg kan fås ved henvendelse til Dansk Sejlunion.

3 Undersøgelse af miljøbelastning ved efterårsafvaskning af lystbåde

3.1 Baggrund

Det er normal praksis, at lystbåde tages op om efteråret og opbevares på land indtil den kommende sæson. Når bådene er kommet på land, afvaskes bunden enten med højtryksrenser eller med børste og vandslange for at fjerne evt. aflejrede organismer og slim. Ved denne proces afvaskes samtidig en mindre mængde af den tilbageværende bundmaling.

Afvaskningen foregår ofte nær havnemolen eller på vinterpladserne og sker mange steder uden nævneværdig opsamling af vaskevandet. Herved er der risiko for, at afvaskningsprocessen pga. tilbageværende aktivstoffer i malingen kan forårsage en forurening af vinterplads, overfladevand og havnebassin. Imidlertid er bundmalinger til lystbåde de senere år blevet mere miljøvenlige, og spørgsmålet er, hvor stor miljøbelastningen er i forbindelse med afvaskning af nyere biocidholdige bundmalinger. Det har derfor været intentionen at undersøge dette forhold gennem en række forsøg, der kunne frembringe de relevante data.

På baggrund af den ovenfor skitserede problematik har formålet med denne del af projektet været at undersøge miljøbelastningen i forbindelse med efterårsafvaskning af lystbåde malet med biocidholdig bundmaling.

3.2 Beskrivelse af afvaskningsforsøget

Miljøbelastningen ved afvaskning er afklaret gennem praktiske afvaskningsforsøg på Kalvehave Havn. Til dette formål blev der etableret en midlertidig spuleplads ved at udlægge en presenning med kanter til opsamling af vaskevandet. I alt blev 22 både i efteråret 2001 hejst ind over presenningen og spulet.



Afspuling af både over presenning.

Efter hver afvaskning blev der udtaget prøver af vaskevand og bundfald, som senere blev analyseret for kobber. Kobberindholdet i det vandværksvand, der blev anvendt til afspulningen, blev også analyseret for at korrigere for det indhold, der findes heri.

Zinkpyrithion nedbrydes hurtigt i sollys under oxiderende forhold og har tendens til at sætte sig på overflader, hvilket gør det svært at foretage prøvetagning i store åbne kar. I løbet af 2002 blev en brugbar målemetode etableret efter nogle indkøringsvanskeligheder. Analysemetoden er stadig under udvikling og ikke kommercielt tilgængelige endnu. Det var derfor ikke muligt at undersøge vaskevandet for Zinkpyrithion i projektet. Pga. nedbrydningen i sollys vurderes det, at koncentrationsniveauet er lavt, og at en eventuel rest af Zinkpyrithion vil blive fjernet med aktiv kulbehandling.

I forbindelse med afrensningerne skulle bådejerne udfylde et spørgeskema med oplysninger om anvendt malingstype, sejladsaktivitet, antal påførte lag maling, samt om bunden var blevet vasket i løbet af sæsonen. Alt sammen forhold, der forventes at have indflydelse på, hvor meget maling/aktivt stof, der i slutningen af sæsonen sidder tilbage på bunden, og som igen er afgørende for, hvor meget kobber der i sidste ende findes i spulevandet eller bundfaldet

3.3 Resultater

3.3.1 Oplysninger om de deltagende både

3.3.1.1 Vandforbrug

De 22 både blev alle afspulet med højtryksrensere af bådejerne selv. Der blev i alt anvendt 865 liter vand svarende til et gennemsnitligt vandforbrug på knap 40 liter pr. afvaskning.

3.3.1.2 Antal påførte lag bundmaling

Det forventes, at den påførte malingsmængde har betydning for, hvor meget maling, der sidder tilbage på bunden om efteråret. Som en rettesnor har bådejerne oplyst, hvor mange lag maling de har påført.

Sæson 2001	
Procentdel af både	Påførte lag maling
9%	Pletmalet
64%	Et lag
23%	To lag
5%	Tre lag

På tabellen ses det, at de fleste bådejere (14) har påført 1 lag maling. To har pletmalet, fem har påført 2 lag og en enkelt har påført 3 lag.

3.3.1.3 Sejladsaktivitet

Bådejernes sejladsaktivitet er opdelt i tre kategorier. Som det fremgår af nedenstående tabel har halvdelen af bådene sejlet mindre end 400 sømil i sæsonen.

En enkelt bådejer har slet ikke sejlet. 32% har sejlet mellem 400-700 sømil og kun 18% har sejlet mere end 700 sømil. Denne fordeling er efter Dansk Sejlunions vurdering repræsentativ.

Deltagernes sejladsaktivitet i sæsonen 2001

50%	Lav (< 400 sømil)
32%	Mellem (400-700 sømil)
18%	Høj (> 700 sømil)

3.3.1.4 Afvaskning af bunden i løbet af sæsonen

Ingen af de deltagende både har haft båden på land i løbet af sæsonen og kun én bådejer har i forbindelse med en dykkertur vasket bunden med børste. Det forventes derfor ikke, at kobberfrigivelsen fra andre end denne ene båd vil være påvirket af bundafvaskning.

3.3.2 Analyseresultater

I skemaet bilag 3 findes samtlige data for de enkelte både, herunder resultater fra kobberanalyserne samt ovenstående oplysninger om sejladsaktivitet, vandforbrug m.m.

Ud fra disse data er der lavet en række grafer for at illustrere eventuelle sammenhænge mellem de forskellige parametre og kobberkoncentrationerne, herunder om der fra testmalingerne afvaskes mindre kobber.

3.3.2.1 Sammenhæng mellem total kobbermængde og malingsprodukt

På graf 1 er den totale afrensede kobbermængde pr. båd afbilledet for de forskellige malingsprodukter. Som det fremgår, er der ikke umiddelbart nogen sammenhæng mellem den totale afvaskede mængde kobber og malingsprodukterne. I stedet konstateres en stor spredning i resultaterne. Selv om der er tale om det samme produkt, er der store variationer i kobberkoncentrationen.

For at sikre sig, at disse udsving ikke skyldes bådenes forskellige størrelser, er koncentrationerne på graf 2 korrigeret i forhold til bundens areal (bådens våde overflade). Herved fås et udtryk for den afvaskende kobbermængde pr. m². Kobberkoncentrationerne er hermed direkte sammenlignelige produkterne imellem. På graf 2 ses der dog fortsat ingen umiddelbar sammenhæng mellem malingsprodukterne og kobberkoncentrationerne i vaskevandet.

For at se, om vandforbruget har indflydelse på, hvor meget kobber der afvaskes fra de enkelte både, er den afvaskende mængde kobber pr. m² afbilledet sammen med vandforbruget anvendt pr. båd (graf 3). Der ses heller ikke her nogen sammenhæng. Det virker i forhold til vandforbruget tilfældigt, hvilke både/malinger, der har frigivet meget hhv. lidt kobber.

På graf 4 er den afvaskede kobbermængde pr. m² afbilledet sammen med bådenes sejladsaktivitet samt den påførte mængde maling (antal påførte lag). Igen er der ikke umiddelbart nogen sammenhæng mellem den afvaskede mængde kobber og hhv. malingstype, sejladsaktivitet og antal påførte lag maling.

Derimod ser det ud til, at "malingstilstanden" - dvs. om malingen hæfter godt eller skaller af - har stor betydning for, hvor meget kobber der afvaskes. Under afvaskningsforsøgene blev det observeret, at flere af bådene tydeligt skallede af under højtryksrensning. Dette blev noteret i forsøgslogbogen (se "bemærkninger" i bilag 3).

De både, der skallede meget af under afvaskningen, afgav naturligt nok de største kobbermængder. På graf 5 er både, der skallede af markeret med blåt. Som det ses, er der vasket markant mere kobber af de både, der tydeligt skallede af. Denne faktor ser derfor ud til at spille den største rolle i forhold til at forklare udsvingene i de afvaskede kobbermængder.

For at se om der blandt de både, der ikke skallede af skulle være en relation mellem de forskellige parametre, er disse afbilledet på graf 6. Blandt både, hvor malingen ikke skallede af, ses der dog fortsat ikke nogen specielt tydelig sammenhæng mellem kobbermængde og produkt hhv. malingsmængde, sejladsaktivitet og vandforbrug. Det må igen konstateres, at det nærmest virker tilfældigt, hvilke både/produkter, der afgiver meget kobber.

Graden af afskalning er ikke bestemt. Der forventes imidlertid at være en flydende overgang mellem bunde, hvor malingen har god vedhæftning og bunde, hvor malingen krakelerer og skaller af. Det er derfor meget muligt, at flere både end de, der blev noteret under forsøget, havde tendens til skalle af.

Dette faktum indebærer, at de forventede sammenhænge mellem malingsmængde, sejladsaktivitet, produkt og vandforbrug må siges at være teoretisk funderede og ikke kan genfindes i praksis.

Såfremt alle både var blevet påført maling under samme betingelser (f.eks. hvis gammel bundmaling var helt fjernet forinden), kunne der muligvis registreres de forventede sammenhænge. Men i den virkelige verden, hvor der er stor forskel på bundenes overflade ("malingsstilstanden"), overskygges disse sammenhænge totalt.

3.3.2.2 Kobbermængde fra mindre miljøbelastende malinger

Et af formålene med afvaskningsforsøget var at undersøge, hvorvidt der fra mindre miljøbelastende malinger (Mille Ocean Test¹) afvaskes mindre kobber i forhold til traditionelle malinger. På graf 6 (hvorfra både, der skallede af, er taget) ses to både med Mille Ocean Test. Fra begge er der afvasket mindre kobbermængder, men koncentrationerne er ikke signifikant lavere end koncentrationerne fra de øvrige produkter. Dette kunne indikere, at miljøgevinsten ved disse malinger primært opnås i løbet af sejlsæsonen og altså kun i mindre grad efter sæsonen, når bådene vaskes.

Ud fra forsøget må det konstateres, at der ved efterårsafvaskning ikke afvaskes mindre kobber fra mindre miljøbelastende malinger i forhold til traditionelle malinger. En sandsynlig forklaring er igen, at bundens overflade ("malingsstilstanden") er bestemmende for, hvor meget kobber der afvaskes.

Den største miljøgevinst kan derfor opnås ved at vedligeholde bunden. Bådejerne må sikre sig, at der ikke opbygges for mange lag maling ved jævnlige skrabe eller slibe gamle lag væk, inden ny maling påføres. Det er altså vigtigt at være opmærksom på, om overfladen begynder at krakelere, og om der er tendens til afskalninger osv.

3.3.2.3 Fordelingen af kobber i vandfase og bundfald

Under forsøget blev der umiddelbart efter hver afvaskning udtaget en prøve af vandet opsamlet på presenningen. Denne prøve udtrykker

¹ Mille Ocean Test frigiver 50% mindre kobber i forhold til traditionelle malinger inden for en periode på 42 dage. Læs mere i Miljøprojekt nr. 611, 2001 fra Miljøstyrelsen.

kobberkoncentrationen i vaskevandet. På bilag 3 er kobberkoncentrationerne i vandfasen benævnt: Cu- indhold i vaskevand.

Derudover blev vandet fra presenningen efter hver afvaskning suget op og pumpet gennem et filter for at tilbageholde større partikler. Endelig blev tilbageværende bundfald - herunder malingsflager - fejlet sammen og opsamlet fra presenningen. Opsamlet materiale fra filteret samt bundfald blev senere vejlet og analyseret for indholdet af kobber (på bilag 3 angivet som Cu i bundfald).

I tabellen nedenfor er de totale og gennemsnitlige kobbermængder for hhv. vandfase og bundfald vist. Som det fremgår findes langt hovedparten af kobberet i bundfaldsdelen. Kun lidt over 1% af kobberet findes efter afvaskningen i vaskevandet med en gennemsnitskoncentration på 2 mg/liter.

I forhold til at rense det afrensede materiale vil det være fornuftigt at forsøge at skille bundfald og større partikler fra vandfasen.

	Total mængde	Gennemsnitlig mængde pr. båd	Procentvis fordeling
Vandfase	1,73 g	0,078 g	1,3 %
Bundfald	132,24 g	6,01 g	98,7 %
Total	133,97 g	6,09 g	100 %

Table 4. Totale og gennemsnitlige kobbermængder og fordelingen i hhv. vandfase og bundfald

3.3.2.4 Miljøbelastning fra efterårsafvaskning

I gennemsnit er der totalt set frigivet omkring 6 gram kobber pr. båd i forbindelse med efterårsafvaskningen (se ovenstående tabel). Denne mængde skal ses i forhold til, at der påføres 0,95-4,15 kg kobberoxid pr. båd pr. sæson (ved 1½ lag på 30 fods sejlbad), afhængig af produktet (Miljøstyrelsen, 2002). Omregnet påføres der mellem 0,9-3,7 kg kobber. Dette svarer til, at der under afvaskning forurenes med 1½-7 promille af den oprindeligt påførte kobbermængde. Det er altså kun en minimal del af kobberet, der frigives ved efterårsafvaskning.

Resten eller hovedparten af kobberet frigives i løbet af sæsonen. Derudover sidder en mindre del tilbage på bunden. Dette kan illustreres ud fra afrensningsforsøgene der viste, at der i gennemsnit afrenses lidt over 2 kg kobber fra bunde, der ikke har været afrenset i op til 16 år. Dette skal sammenholdes med, at der som nævnt ovenfor hvert år påføres 0,9-3,7 kg kobber. Fordelingen mellem, hvor meget der frigives i sæsonen, og hvor meget der sidder tilbage på bunden, kendes imidlertid ikke præcist. Fordelingen vil formentlig variere afhængigt af sejladsaktiviteten, den påførte mængde maling, produktet m.m.

3.4 Konklusion – afvaskningsforsøg

Afvaskningsforsøget har vist, at der ikke findes nogen tydelig sammenhæng mellem den afvaskede mængde kobber og sejladsaktiviteten hhv. den påførte mængde maling, vandmængden anvendt til spuling og produktet.

Tilgængeligheden af bundoverfladens beskaffenhed afgørende betydning for, hvor meget kobber der afvaskes. Fra bunde der krakelere og skaller af, afvaskes mest kobber. Derfor er det vigtigt, at bådejerne - for at undgå unødigt

miljøbelastning -jævnligt vedligeholder bunden ved at slibe den gamle maling af inden påføring af ny.

Analyser af kobber i hhv. vandfase og bundfald viser, at hovedparten (99%) findes i bundfaldet. For at opnå en god rensning af vaskevandet er det derfor vigtigt at forsøge at skille bundfaldet fra med henblik på opsamling.

Der afvaskes i gennemsnit 6 gram kobber pr. båd ud af en samlet påført mængde kobber på 0,9-3,7 kg. Den samlede miljøgevinst ved at opsamle vaskevandet er ud fra en helhedsbetragtning beskedent. Potentialet for miljøforbedringer er 1½-7 promille set i forhold til den samlede påførte kobbermængde.

3.4.1 Anbefaling for at minimere miljøbelastningen

Ud fra analyseresultaterne anbefales det, at bådejere omhyggeligt vedligeholder bunden for at minimere forureningen. Dette gøres ved at sikre:

- At overfladen ikke er krakeleret, er ujævn eller skaller af. Hvis dette er tilfældet skræbes eller slibes, indtil en glat overflade opnås. Herved sikres god vedhæftningsevne.
- At der ikke opbygges for mange lag maling ved jævnligt at afrense gamle lag.

4 Muligheder for at begrænse miljøbelastningen fra efterårsafvaskning

4.1 Baggrund

I denne del af rapporten behandles mulighederne for at opsamle vaskevand via spulepladser eller lignende systemer samt for at efterbehandle vandet med henblik på begrænse miljøbelastningen fra efterårsafvaskning.

Enkelte havne i Danmark har i dag etableret spulepladser til opsamling af vaskevand, men der er meget stor forskel på, hvorledes de er indrettet, samt hvorledes vandet efterbehandles og bortskaffes. Erfaringsopsamling har som udgangspunkt være nødvendig for at vurdere økonomiske og praktiske forhold omkring etableringen af en spuleplads. Dette er undersøgt gennem kontakt til en række danske havne, og resultaterne er præsenteret i afsnit 5.2.

Derudover er markedet blevet undersøgt for at vurdere, om andre former for opsamlingsystemer eller anden afvaskningsteknologi vil kunne anvendes til miljøskånsom afvaskning af lystbåde. Se afsnit 5.3.2.

Endelig er det blevet undersøgt, om det nemt og billigt er muligt at efterbehandle spulevandet m.h.p. efterfølgende at kunne udlede dette til recipient. Via kontakt til firmaer og laboratorier er forskellige rensningsteknologier vurderet. Og de til formålet bedst egnede, mest enkle og billigste metoder er blevet afprøvet gennem forsøg på Kalvehave Havn.

4.2 Beskrivelse af eksisterende løsninger til opsamling og rensning af vaskevand

Oplysninger anvendt i dette afsnit er hentet fra en spørgeskemaundersøgelse blandt 40 dansk lystbådehavne gennemført i forbindelse med projektet. Denne er suppleret med samtaler med havnefogeder, kommuner og amter. Dertil kommer oplysninger fra en række udledningstilladelser samt analyserapporter.

4.2.1 Havne med spulepladser

Der findes i dag en række havne i Danmark, som har etableret en spuleplads til afvaskning af lystbåde. Der er dog stor forskel på udformningen af selve pladsen samt på, hvad der efterfølgende sker med vaskevandet. Derudover er årsagerne til, at pladserne er blevet etableret, vidt forskellige. Visse havne har lavet anlæggene på eget initiativ. Andre har gjort det i forbindelse med en større ombygning af havnen, hvorved udgifterne til selve pladsen m.m. har været minimale, og endelig har en række havne fået påbud fra amtet om at etablere en eller anden form for opsamling og evt. rensning af vaskevandet.

I nedenstående tabel er de forskellige overordnede former for vaskepladser og rensningsteknologier vist.

Typer	Opsamling	Rensning	Recirkulering	Slutrecipient
Vinterplads m. grus / sand / græs	nej	nej	nej	undergrund/havn (infiltration)
Bedding u. rensning	nej	nej	nej	havnebassin
Bedding m. simpel rens	ja, via rist	bundfældning + evt. filter	nej	havnebassin
Vaskeplads m. simpel rens.	ja, via rist	bundfældning + evt. filter	nej	havnebassin
Vaskeplads / bedding m. avanceret rensning	ja, via rist. Pumpes til buffertanke	sandfilter, olieudskiller, floku-lering, separering, tungmetal-fjernelse	nej	havnebassin
Vaskeplads u. rensning	ja, via rist	nej	nej	kloak
Vaskeplads m. simpel rens.	ja, via rist	sandfilter og ell. olieudsk.	nej	kloak
Vaskeplads m. simpel rens.	ja, via rist	bundfældningstank	ja	Kommunekemi

Tabel 5. Oversigt over aktuelt anvendte typer teknologier i forbindelse med afvaskning af lystbåde.

4.2.1.1 Forklaringer

Spulepladser

Ved spulepladser forstås et areal (typisk placeret på en kaj), der er anlagt med et fald mod midten, hvorfra vaskevand kan opsamles via aquadræn eller brønd. Pladsen er typisk befæstet med beton eller asfalt. I visse tilfælde er der en kant rundt om pladsen for at forhindre udløb til f.eks. havnebassinet. Fra aquadrænet/brønden kan vandet pumpes videre til bundfældningstanke, filtre m.m. eller kloak.

Beddinger

Beddinger bruges i visse tilfælde også som spulepladser. I disse tilfælde opsamles vandet typisk et stykke nede ad beddingen, hvor der er placeret et tværgående aquadræn, som er nedfældet i beddingen. Vaskevand m.m. der opsamles heri kan pumpes til videre behandling i bundfældningstanke, filtre m.m. eller tilledes kloak.

På vaskepladserne / beddingerne sker selve afvaskningen normalt med højtryksrensere, som havnen i de fleste tilfælde har anskaffet for at lette og hurtiggøre afvaskningsprocessen. Recirkulering af vaskevandet benyttes kun sjældent.

I bilag 4 og 5 er de spulepladser/anlæg, der er identificeret gennem spørgeskemaundersøgelsen præsenteret. Der gøres opmærksom på, at der udmærket kan eksistere flere havne med spulepladser end de i bilagene beskrevne.

I bilag 4 findes de spulepladser/beddinger, hvor vaskevandet i sidste ende udledes til havnebassinet og i bilag 5 de steder, hvor vaskevandet ledes til kloaknettet.

I skemaerne er rensningsteknologierne kort beskrevet, og så vidt det har været muligt er analyseresultater samt drifts- og etableringsomkostninger anført.

4.2.2 Filtrering og rensning

På de spulepladser og beddinger, hvor vaskevand opsamles, er der som det fremgår af bilagene anvendt mange forskellige teknologier til behandling af vaskevandet. Det gælder lige fra simple sandfiltre til avancerede fuldautomatiske anlæg med olie- og benzinudskillere samt fjernelse af tungmetal med flokuleringsmiddel. Af de anlæg, der udleder til havnebassinet, er bundfældning efterfulgt af sandfilter el.lign. det mest anvendte.

4.2.2.1 Analyser

Som det fremgår af bilagene findes der analyseresultater fra en række af anlæggene – specielt i de tilfælde, hvor vaskevandet i sidste ende udledes til havnebassinet.

Koncentrationer og rensningsprocenter er sammenfattet i nedenstående skema:

Havn	Indløb Cu mg/l	Udløb Cu mg/l	Rensningsprocent
Sønderborg	6,20	0,98	86%
	11,00	9,00	55%
Marina Minde	-	2,00	-
	-	0,90	-
	37,00	0,89	98%
Bagenkop (erhvervshavn)	-	0,42	-
	-	0,19	-
Augustenborg	11,00	2,60	81%

Tabel 6. Indløbs- og udløbskoncentrationer samt rensningsprocenter for en række anlæg.

Som det kan ses, er der stor variation i koncentrationerne i såvel indløb og udløb som i rensningsgraden. Selv inden for det samme anlæg kan rensningsevnen variere betydeligt. Visse usikkerheder kan være knyttet til selve prøvetagningen - specielt omkring tiden, der går fra indløbsprøven er taget, og til der tages en prøve på udløbsvandet, idet den tid vaskevandet er om at løbe igennem systemet bør kendes præcist.

Vand, der udledes fra Bagenkop har det laveste kobberindhold. Det skyldes formentlig, at der her i modsætning til de øvrige anlæg tilsættes fældningsmiddel.

4.2.2.2 Grænseværdier

Grænseværdierne for udledning af spildevand lå tidligere for kobbers vedkommende på 0,5 mg/l angivet i Vejledning nr. 6/1974 fra Miljøstyrelsen. Alle ovenstående anlæg har i dag godkendelser, der er reguleret efter disse regler. Ingen af anlæggene bortset fra Bagenkops overholder det tidligere krav på 0,5 mg/l. I Bagenkop har amtet dog sat et højere udlederkrav på 1 mg/l. Godkendelserne forventes ved en revision opdateret i forhold til de i dag gældende regler, der er beskrevet nedenfor.

Udledningstilladelse reguleres i dag efter *Bekendtgørelse nr. 921 af 8. oktober 1996 om kvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af visse farlige stoffer til vandløb, søer og have*. Heri opereres der ikke med grænseværdier for udledning men med vandkvalitetskrav. Amtet skal ved fastlæggelse af vilkår i en tilladelse

ved beregning sikre, at kvalitetskravene for det berørte vandområde ikke overskrides.

I Roskilde Fjord er vandkvalitetskravet overskredet, hvorfor Roskilde Havn har fået forbud mod at udlede vaskevand. Alt spulevand fra Roskilde afleveres derfor til Kommune Kemi.

Ved direkte udledning til et større vandområde kan amtet i praksis, hvor videngrundlaget ikke er bedre, som udgangspunkt regne med en initialfortynding på en faktor 10. Ved et åbent vandområde med stor opblanding kan det skønnes højere. (Jf. Vejledning til bek. om spildevandstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4). Dette regnes i forhold til vandkvalitetskravet/kriteriet for kobber, som Miljøstyrelsen har foreslået til 1 µg/l tilføjet til baggrundskoncentrationen (se afsnit 5.4.1). Et udlederkrav kan således eksempelvis forventes at være en faktor 10– 20 gange større end kvalitetskravet/kriteriet. Ingen af de eksisterende anlæg beskrevet ovenfor vil kunne overholde et sådan krav.

4.2.2.3 Forsøg med bundfældningstanke

For at klarlægge bundfældningsegenskaberne for vaskevand fra lystbåde udførte Sønderjyllands Amt i starten af 90'erne nogle bundfældningsforsøg på spildevand fra to typer daværende maling, en blød og en hård. Analyseresultaterne viste, at der skete en væsentlig bundfældning inden for de første 30 minutter, og at 50-80% af metalindholdet var bundfældet efter 2 timer. Efter bundfældning lå kobberkoncentrationen dog over de daværende grænseværdier. Værdien på 0,5 mg/l blev overskredet 10 gange for bløde malinger og 100 gange for hårde malinger.

Den samlede konklusion på forsøgene er, at effekten af bundfældning og i øvrigt også for mekaniske filtre er ret god for partikler og partikelbundne stoffer, men meget ringe over for vandopløste stoffer og metalioner.

4.2.3 Logistik

I spørgeskemaundersøgelsen blev havnene spurgt om, hvor lang tid en bådafvaskning tager i gennemsnit. Svarene viser, at det varierer fra 10 til 45 minutter pr. båd ud over den tid, den normale optagningsproces tager. Tidsforbruget afhænger af, hvordan optagnings- og afvaskningsprocessen foregår. De steder, hvor det går hurtigst, er på spulepladser placeret nær optagningsstedet. I visse tilfælde - bl.a. i Thisted - er spulepladsen placeret på vinterpladsen et stykke fra optagningskajen, hvilket forlænger operationstiden pr. båd. Dette gælder specielt, hvis bådene optages med lastbil, idet bådene efter optagning først skal understøttes på ladet, inden de kan køres til spulepladsen og derefter hejses ud over denne. Inden den efterfølgende transport til opbevaringsstativ, skal de igen hejses tilbage på ladet og understøttes, før de må transporteres videre. Anvendelse af travelift, hvor båden transporteres og kan vaskes, mens den hænger i stropperne, er tidsbesparende.

Roskilde Havn anvender som den eneste havn i spørgeskemaundersøgelsen en højtryksrensere med to pistoler, således at begge sider af bunden kan vaskes samtidig. Her bruges i snit kun 10 minutter pr. båd på afvaskningen.

Til sammenligning viste afvaskningsforsøget i Kalvehave, at det i forhold til den normale optagningstid i gennemsnit tog 25 minutter ekstra pr. båd at anbringe båden over presenningen og højtryksrense bunden. Den forlængede

optagningstid fordyrede lejen af den anvendte mobilkran i forhold til normalt. Der gøres opmærksom på, at afrensningstiden på 25 minutter forudsætter, at bunden er behandlet med traditionel bundmaling, hvor mængden af begroning primært er begrænset til et slimlag og en smule alger. Ved anvendelse af ringere malinger vil afrensningstiden forøges.

4.2.4 Økonomi

Fælles for alle spulepladser er, at udgifterne til at etablere dem er betragtelige. Krav om rensning og specielt krav om avanceret rensning forøger omkostningerne betydeligt.

I flere tilfælde er selve spulepladsen etableret i forbindelse med et større anlægsarbejde på havnen, hvorfor spulepladsen har været "omkostningsfri" at anlægge. Omvendt har der været store udgifter forbundet med anlægsarbejder. Visse havne har været i den heldige situation at have en egnet plads eksempelvis belagt med asfalt, som har kunnet bruges som basis for en spuleplads. Herved har omkostningerne været begrænset til etablering af en brønd / rist samt dræningssystemer, bundfældningstanke m.m.

I de tilfælde, hvor havne leder vaskevandet direkte til kloak, er omkostninger til etablering af rensning selvfølgelig sparet. Dog skal der betales kloakafledningsafgift.

Etableringsomkostninger for en spuleplads med rensning ligger på omkring 250.000 kr.-1.000.000 kr.

For de havne, der allerede havde en egnet plads, har rensningen kunnet etableres for 80.000-600.000 kr. afhængig af rensningsteknologi (udledning til recipient).

Driftsomkostningerne ligger i intervallet 7.000-17.000 kr. pr. år.

4.3 Konklusion - erfaringer fra eksisterende spulepladser

4.3.1.1 Rensningsniveauer

De mere avancerede anlæg renser ned til lige under 0,5 mg Cu/l. De fleste anlæg kan dog ikke overholde den tidligere gældende grænseværdi på max. 0,5 mg Cu/l. I anlæggenes eksisterende godkendelser gælder denne grænseværdi fortsat. Dertil kommer besværet og udgifterne forbundet med at køre og vedligeholde et rensningsanlæg. Der er derfor en vis tendens til, at vaskevandet tilledes det offentlige kloaknet og rensningsanlæg. I Sønderjyllands Amt har et par havne således sløjft deres rensningsdel og udledning og leder nu i stedet vaskevandet til kloaknettet.

Da anlæggene er reguleret efter ældre regler, betyder det, at de anvendte teknologier i disse anlæg formentlig ikke vil være tilstrækkeligt effektive til at rense kobberet ud af vaskevandet i dag svarende til, at kravene i bekendtgørelse nr. 921 fra 1996 er opfyldt. Det afhænger dog af en konkret afvejning og hensyntagen til den eksisterende kobberkoncentration i den pågældende recipient, hvortil vandet udledes samt af, hvordan recipienten er målsat. Det afhænger selvfølgelig også af hvor meget kobber, der som udgangspunkt frigives fra malingerne. I den forbindelse er det højst

sandsynligt, at kobberindholdet i malingerne fra starten af 90'erne lå en del højere end det, der i dag er tilladt.

4.3.1.2 Recirkulering

Kun ét sted, nemlig Roskilde, recirkuleres vandet. Der kan være arbejdsmiljømæssige problemer forbundet med recirkulering, idet småpartikler spredes med det forstøvede vand ved højtryksrensning med fare for, at de indåndes af de personer, der betjener anlægget. Derudover kan der være problemer med tilstopning af systemet.

4.3.1.3 Logistik

Tidsforbruget er mindre i de tilfælde, hvor spulearealet er placeret så tæt som muligt på optagningskajen. Derved undgås unødigt transporttid. Travelift er hurtigst, da båden såvel under transport som afvaskning kan blive hængende i stropperne. Anvendes en lastbil, er det hurtigst, hvis båden kan hejses op af vandet og svinges ind over spulepladsen, uden at lastbilen behøver at blive flyttet.

4.3.1.4 Økonomi

Det må konstateres, at der generelt har været betydelige omkostninger forbundet med at etablere de identificerede spulepladser og anlæg til rensning af vaskevandet fra lystbåde. Dette på trods for, at rensningen generelt ikke var tilfredsstillende i forhold til tidligere krav.

4.3.2 Mulige teknologier der p.t. ikke anvendes på lystbådehavne til afvaskning

Til almindelig efterårsrengøring af bunden på lystfartøjer er markedet blevet undersøgt for teknologier, der muligvis kan anvendes til formålet. Der er identificeret to teknologier.

4.3.2.1 Afrensning med luft

Den ene teknologi minder om en højtryksrenser, men rengør ved hjælp af komprimeret luft i stedet for vand. Luften pustes under meget højt tryk og i stød mod emnet, der skal rengøres. Denne type anlæg anvendes i dag inden for flere brancher til rengøring på steder, hvor der ikke tåles vand.

Fordelen er, at man undgår store vandmængder, der skal bortskaffes eller renses. Det afrensede materiale vil i stedet lægge sig på underlaget, hvorfra det blot kan fejes sammen med en kost og bringes til havnens miljøstation. En ulempe kan være, at afrenset materiale - herunder kobber - svæver rundt i luften med fare for indånding. Det har inden for projektperioden ikke været muligt at afprøve metoden.

4.3.2.2 Afvaskning med direkte opsamling af vaskevand – idéanlæg

Under projektførelsen blev en idé til et anlæg født. Anlægget er inspireret af den teknik, der bruges til afrensning af asbesttage. Her foregår spuling og opsamling af vand i en lukket "kasse", der kører henover taget. En type højtryksrenser, der efter samme princip vasker og opsamler vaskevandet direkte fra den flade, der rengøres, kan måske være et alternativ til en spuleplads. Fordelen ved et sådan anlæg er, at optagningsprocessen rent logistisk bliver langt mere fleksibel. Bådejere behøver ikke at vaske på et bestemt sted eller på et bestemt tidspunkt, idet anlægget kan operere overalt på havnen. Rengøring kan f.eks. vente til båden er sat i stativ eller helt til foråret, da vaskeprocessen kan ske uden spild til omgivelserne.

Anlægget er pt. ikke udviklet. Der har gennem projektet været taget kontakt til en række producenter for evt. at indgå et samarbejde om udvikling af et prototypeanlæg. Dog uden held, da man umiddelbart skønnede at markedet var for lille.

4.4 Rensningsforsøg udført i projektet

Mulighederne for at rense spulevandet, m.h.p. efterfølgende at kunne udlede det rensede vand til recipient, er som nævnt blevet undersøgt i projektet. Det har været et mål at opnå en koncentration i vaskevandet på under 2,9 µg kobber/liter, selv om miljølovgivningen ikke forudsætter så lavt et niveau i udledningen. På baggrund af de eksisterende erfaringer med rensning af vand fra efterårsafvaskning af lystbåde, må det konstateres, at de i dag anvendte teknologier langt fra kan rense ned til dette niveau.

4.4.1 Vandkvalitetskrav

Vandkvalitetskrav beskriver, hvad koncentrationen af forskellige stoffer maksimalt må være i det vandområde, som de udledes til. *Bekendtgørelse nr. 921 af 8. oktober 1996 om kvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af visse farlige stoffer til vandløb, søer eller havet* opererer med et vandkvalitetskrav i havvand for kobber på 2,9 µg kobber/liter. Der gøres dog i bekendtgørelsen opmærksom på at værdien ikke er endeligt kvalitetssikret. Miljøstyrelsen har efterfølgende arbejdet på kvalitetssikringen og har på dette grundlag udarbejdet et forslag til endeligt kvalitetskrav for kobber. Forslaget er formuleret efter added approach princippet som 1 µg kobber/liter tilføjet til baggrundskoncentrationen, dog maksimalt 2,9 µg kobber/liter.

Det har som nævnt været et mål i dette projekt at opnå en koncentration i vaskevandet på 2,9 µg kobber/liter eller derunder. I praksis vil det dog formentlig være sjældent, at amtet stiller krav om så grundig rensning. Ifølge bekendtgørelse nr. 921 af 8. oktober 1996 § 5 stk. 3, skal kvalitetskrav først være opfyldt efter initialfortyndingszonen eller ved et nærområdes afgrænsning, hvis udledningen sker til et spildevandsnærområde fastlagt i regionplanen. Dvs. at vandkvalitetskravet for kobber på 1 µg kobber/liter tilføjet til baggrundskoncentrationen først skal være opfyldt uden for selve havnebassinet, når havnebassinet er udlagt som spildevandsnærområde. Amtet skal som tidligere nævnt ved fastlæggelse af vilkår i en udledningstilladelse ved beregning sikre, at kvalitetskravene for det berørte vandområde ikke overskrides. Det er mulighederne for anvendelse af bedste, tilgængelige teknik, kvalitetskravet/kriteriet gældende for vandområdet og den eksisterende lokale koncentration uden for havnebassinet, der i sidste ende bestemmer, hvilken koncentration der skal renses ned til.

4.4.2 Forrensning

Set i relation til dels de eksisterende erfaringer og dels til resultaterne fra afvaskningsforsøget vil det være fornuftigt at forsøge, at fjerne partikelbundet kobber, da hovedparten af kobberet netop findes i bundfald og malingsflager. Vaskevandet fra afvaskningsforsøget blev derfor pumpet gennem et forfilter og herfra videre til en palletank. Forfilteret havde til formål at begrænse tilledningen af partikelbundet kobber til palletanken.

I projektet har der været afprøvet to typer forfiltre:

- Skivefilter
- Filterpose

Der har ikke været udtaget prøver med henblik på at vurdere de to filters effektivitet. Det blev dog konstateret, at meget materiale blev opsamlet i begge filtertyper. Skivefilteret havde tendens til at stoppe til efter gennemløb af vand fra én båd. Porerne i filterposen stoppede også til, men ikke i samme grad. Efter længere tid var det svært at få vandet til at løbe igennem posen. Ingen af forfiltrerne vurderes derfor at være specielt egnede i en eventuel permanent opstilling.

Afvaskningsforsøget var af praktiske årsager fordelt på tre dage. Det forfiltrerede vand blev opbevaret i hver sin palletank.

Kobberkoncentrationerne i de tre palletanke er blevet målt. Ved prøveudtagning havde vandet fra de enkelte afrensingsdage henstået og bundfældet i hhv. 12, 7 og 3 dage. På nedenstående tabel er koncentrationerne vist.

	Forrensning	Bundfældnings tid	Koncentration efter bundfældning (mg Cu/liter)
Rensningsdag 1 (4 både)	Filterpose	12 dage	1,25
Rensningsdag 2 (9 både)	Filterpose + skivefilter	7 dage	2,10
Rensningsdag 3 (9 både)	Skivefilter	3 dage	6,51
Blandet dag 1+2+3	Skivefilter	1 time	14,17

Tabel 7. koncentrationen i vaskevandet fra de enkelte afvaskningsdage.

Det kan konstateres, at koncentrationen i vandfasen falder i takt med, at vandet henstår. Samtidig stiger koncentrationen i vandfasen kraftigt, efter at vandet fra de tre afvaskningsdage blev blandet sammen, selvom vandet under sammenblanding passerede igennem skivefilteret. Dette indikere, at forfiltreringen ikke har været effektiv nok. Inspektion af tanken med det blandede vand viste efter et par dages henstand et tydeligt sort bundfald. I dette bundfald var der således bundet en del kobber.

4.4.3 Rensning med kulfilter

Efter forfiltreringen blev der udført en række forsøg på at opnå den ønskede slutkoncentration. I første omgang blev vandet rensat gennem tre forskellige typer aktive kulfiltre. I nedenstående tabel er analyseresultaterne vist for filtrene. Bemærk at udgangskoncentrationerne er forskellige. Forsøget med aktiv kul + Chelex-100 blev udført samme dag som vandet fra de tre tanke (som nævnt ovenfor) blev blandet sammen. Koncentrationen er derfor den samme. Forsøget med aktivt kul blev udført en måned senere, og koncentrationen er derfor faldet pga. den lange bundfældningstid. Ved det sidste forsøg, der blev gennemført tre måneder efter første forsøg, er koncentrationen steget en smule. Forklaringen kan være, at kobberet er blevet genfrigivet fra bundfaldet (der består af malingsrester) til vandfasen.

	Spandpumpe med aktiv kul+Chelex-100 filter (mg Cu / liter)	Spandpumpe med aktivt kulfilter (mg Cu / liter)	Aktivt kulfilter Ametek CBR2-10 (mg Cu / liter)
Start konc. - beskidt vand (kun forrenset)	14,17	4,80	6,42
Vand konc. efter 5 min.	9,47	4,10	0,20
Vand konc. efter 50 liter	8,37	3,98	1,01
Vand konc. efter 100 liter	9,95	3,99	0,94
Rensningsprocent (gns.)	37%	16%	89%

Tabel 8. Koncentrationer og rensningsprocenter for forskellige typer kulfilter.

Som vist, lykkedes det ikke med denne enkle metode at rense vandet i tilstrækkelig grad. Resultatet ville muligvis være blevet bedre, hvis forrensningen havde været mere effektiv. Med Armetek kulfilteret blev den bedste rensningsgrad opnået.

4.4.4 Rensning via grusfilter

For at komme af med bundfaldet fra tanken med det blandede vand blev det forsøgt at rense en del af denne fraktion gennem et grusfilter. En balje med huller i bunden (huller dækket med filterdug) indeholdende almindelig stabilgrus blev således overhældt med 17 liter vaskevand med bundfald (udledt via en taphane i bunden af palletanken). En prøve blev udtaget af vandet/bundfaldet, før det blev doseret over baljen. Efter 1½ måned blev der udtaget en prøve af afløbsvandet i bunden af baljen. Koncentrationerne ses i nedenstående skema.

	Grusfilter
Start konc. - snavset vand / bundfald (kun forrenset)	34,54 mg Cu / liter
Vand konc. efter infiltration (1½ måneds henstand)	2,04 mg Cu / liter
Rensningsprocent	94%

Tabel 9. Rensningsprocent for grusfilter.

Som det fremgår af rensningsprocenten er grusfilteret rimelig effektivt til at tilbageholde en stor del af kobberet bundet i den tykke bundfaldsdel. Afløbsvandet krævede dog yderligere rensning for at nå ned på vandkvalitetskriteriet.

4.4.5 Rensning med tilsætning af polymer og fældningskemikalier

Ud fra ovenstående forsøg kunne det konstateres, at den enkle metode - blot at pumpe vandet gennem kulfiltre - ikke var tilstrækkelig effektiv. Derudover skulle afløbsvandet fra bundfaldet renses yderligere. Med dette for øje blev der i et nyt rensningsforsøg tilsat polymer og fældningskemikalium med den intention at binde og opkoncentrere kobberet.

Under omrøring blev der tilsat polymer til tanken for at flokulere materialet og herunder bundfaldet (polymeren binder partikler sammen i store fnug). Herefter blev der tilsat jernklorid for at binde det opløste kobber hertil. Ved tilsætning af jernklorid blev det forsøgt at justere pH til 5,8. Ved pH på 5,8 fælder jernet nemlig ud og kan flokuleres sammen med det kobber, der er bundet til jernet.

Vandet blev herefter pumpet gennem en filterpose, hvori det flokulerede materiale blev tilbageholdt. Vandet og tanken var herefter fri for svæv, grums og bundfald og så helt rent ud. Endelig blev vandet pumpet gennem et kulfilter. Resultaterne fremgår af nedenstående skema.

Beskrivelse af prøven	Konc. mg Cu / liter
<i>Snævset vand før omrøring (kun forrenset)</i>	2,16
Urenset vand efter omrøring	1,86
Vand konc. efter tilsætning af polymer (reagens test)	0,88
Vand konc. efter tilsætning af jernklorid (reagens test)	5,13
Vand konc. efter tilsætning af polymer+jernklorid og filtersæk	6,23
Vand konc. efter kulfilter 5 min.	0,01
Rensningsprocent	99,5%

Tabel 10. Koncentrationer og rensningsprocent ved tilsætning af jernklorid og polymer.

I første omgang blev der udtaget to vandprøver i reagensglas. Den ene blev tilsat polymer, den anden jernklorid. Som det fremgår af tabellen ovenfor, havde polymeren en evne til at bundfælde/fjerne en del kobber. Jernklorid havde den modsatte virkning. Det skyldes formentlig, at Ph har været over 5,8. Herved er jernet og det bundne kobber ikke fældet og dermed heller ikke fjernet fra vandfasen. Ideen med at tilsætte jernklorid virkede altså desværre ikke i forsøget.

Forsøget med tilsætning af polymer og jernklorid resulterede alligevel i en rensning på 99,5% svarende til en slutkoncentration på 10 mikrogram Cu /liter. Det skyldes, at kulfilteret effektivt fjernede det opløste kobber. Slutkoncentrationen er ikke langt fra den ønskede koncentration på 2,9 mikrogram/liter. Rent teknisk forventes det, at den ønskede koncentration kan opnås ved at sætte to kulfiltre i serie. Hvis kulfilteret i anden omgang klarer bare 90% vil slutkoncentrationen teoretisk være 1,0 mikrogram Cu/liter.

Alternativt vil et lignende forsøg uden tilsætning af jernklorid, men udelukkende polymer efterfulgt af et kulfilter, formentlig kunne rense ned til den ønskede koncentration. En sidste mulighed er at anvende jernklorid og så forsøge at justere pH tættere på 5,8 end det lykkedes i forsøget.

En interessant iagttagelse ved rensningsforsøget er, at det vandhanevand, der blev anvendt til afspulningen indeholdt hhv. 10 og 80 mikrogram kobber/liter. Hanevands indhold af kobber er især afhængigt af, om det har været i kontakt med kobberinstallationer, og om det har stået stille i rørene. Det betyder, at hvis vaskevandet renses svarende til 1 mikrogram kobber/liter, hvad der dog ikke er krav om i lovgivningen, vil vandhanevandet kunne udgøre en forholdsvis større forureningskilde end vaskevandet. Det drejer sig f.eks. om det vandhanevand, der bruges på broerne i løbet af sæsonen til vask af bådernes fribord og dæk, og som herefter ender i havnebassinet. Forureningsbidraget fra vandhanevand kan imidlertid risikere at være større, idet hanevand ifølge *Bekendtgørelse nr. 871 af 21. september 2001 om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg* må indeholde op til 2000 mikrogram kobber/liter efter 12 timers henstand i rørene. Når vandet ledes ind i en husstands/havns vandinstallationer må det dog højst indeholde 100 mikrogram kobber/liter.

Til sammenligning anbefaler Miljøstyrelsens *Vejledning nr. 11/2002 om industrispildevand tilsluttet offentlige spildevandsanlæg*, at der som det

langsigtede mål bør stræbes efter et indhold af kobber i afledningen på 100 mikrogram kobber/liter eller derunder. Hvis vaskevandet ønskes ledt til det kommunale spildevandsanlæg er koncentrationerne opnået i rensningsforsøget en faktor 10 under Miljøstyrelsens anbefaling.

4.4.6 Muligheder for recirkulering af vaskevand

I forbindelse med udformningen af en spuleplads eller andet opsamlingsystem, vil det være hensigtsmæssigt, at spulevandet kan recirkuleres mest muligt for at minimere vandforbruget. Denne problematik er blevet afklaret i samarbejde med Roskilde Havn og Bo Jensen Vandrensning A/S.

Der er som tidligere nævnt meget sparsomme erfaringer med recirkulering af vaskevand. Kun Roskilde Havn har eksperimenteret med at recirkulere vaskevand opsamlet på spuleplads. Vandet pumpes fra spulepladsen op i en palletank, hvor det bundfælder. Herfra løber det videre til en anden palletank, hvorfra det genbruges via højtryksrenseren. Et af problemerne har været, at højtryksrenseren jævnligt stoppede til og skulle renses pga. et højt indhold af slam/partikler i vandfasen.

Ved at montere et skivefilter mellem opsamlingstank og højtryksrenser er problemet blevet løst. Skivefilteret tømmes en gang om dagen og sikrer unødige driftstop.

Et problem ved at recirkulere vaskevandet uden at rense det er, at kobberet opkoncentreres i vandet. På Roskilde Havn spules omkring 260 både med det samme vand, inden det til sidst køres til Kommune Kemi. Denne fremgangsmåde kan bevirke, at det forstøvede vand der ”hænger” i luften pga. højtryksrensningen, indåndes. Herved formodes der at være risiko for at indånde kobber. De sundhedsmæssige aspekter herved er i forbindelse med projektet ikke vurderet, men bør afklares, hvis denne type recirkulering anvendes.

En anden mulighed er at rense vaskevandet, inden det recirkuleres for at undgå eventuelle sundhedsmæssige problemer.

4.4.7 Koncept for rensning baseret på erfaringer fra rensningsforsøg

Ud fra erfaringerne fra rensningsforsøgene beskrives i det følgende et koncept, der vil kunne anvendes til at opbygge et rensningsanlæg på en lystbådehavn. Det kan ske på følgende måde:

Palletank (rensningstank): Fyldes med vand fra vaskepladsen. Vandet pumpes evt. op med en dykpumpe. Vandet tilsættes polymer og evt. fældningsmiddel under omrøring. Herfra pumpes vandet gennem en filterpose, hvori flokuleret materiale - herunder hovedparten af kobberet - opsamles.

Aktivt kulfilter: Til sidst pumpes vandet gennem et aktivt kulfilter og over i en buffertank, hvorfra det via en selvslugende højtryksrenser kan genanvendes som spulevand.

Filterposer og kulfilterpatroner udskiftes løbende og bortskaffes som kemikalieaffald.

4.4.7.1 Økonomi

I praksis vil denne rensningsopstilling som overslagspris koste 50.000-70.000 kr. afhængigt af kapaciteten. De anslåede driftsomkostninger vil være i størrelsesordenen 4.000-5.000 kr. pr. år. Beløbet dækker udgifter til polymer, fældningsmiddel, filterposer, filterpatroner og udgifter til bortskaffelse af fyldte filterposer og brugte kulfiltre.

Dertil kommer en udgift til rådgivning. Metoden vil kræve konsultation af et rådgivende firma, der kan tilpasse den mængde polymer og evt. fældningsmiddel, der skal tilsættes i forhold til de givne vandmængder for at sikre en optimal rensning. Derudover det vil formentlig kræve bistand at få dimensioneret beholdere, pumper, filtre m.m. korrekt i forhold til det antal både, der skal afvaskes.

Den tekniske rådgiver vil også skulle vejlede havnefogeden i driften af anlægget for at få rensningsprocessen til at forløbe optimalt.

4.5 Konklusion – afrensingsforsøg

På baggrund af rensningsforsøgene har det vist sig, at den enkle form for rensning, hvor vaskevandet forfiltreres og herefter passerer et kulfilter, ikke er tilstrækkelig til at opnå den ønskede slutkoncentration på 2,9 mikrogram kobber/liter. Metoden kan ej heller klare det krav, der stilles til flere af de eksisterende anlæg på 0,5 mg kobber/liter.

Til gengæld er der med en metode, der bl.a. er baseret på kemisk fældning opnået en rensningsgrad på 99,5% og en slutkoncentration på 10 mikrogram kobber/liter. Metoden er mere kompliceret, da den involverer tilsætning af polymer og fældningsmiddel, omrøring m.m., men kan rense ned et niveau, der svarer til eller er lavere end kobberindholdet i det almindelige vandhanevand som er anvendt til afspuling af bådene. Teoretisk set vil denne metode kunne rense ned til omkring ét mikrogram kobber/liter.

På baggrund af forsøgserfaringerne med sidstnævnte metode er der opstillet et koncept for opbygning af et anlæg til rensning af vaskevand. Det anslås, at et anlæg vil kunne erhverves for 50.000-70.000 kr. afhængigt af kapacitet, med årlige driftsomkostninger på 4.000-5.000 kr. Dertil kommer udgifter til rådgivning i dimensionering og drift. Endelig vil der være betragtelige anlægsudgifter m.m. til etableringen af selve spulepladsen.

4.5.1 Anbefalinger vedr. opsamling og rensning af vaskevand

I det følgende gives en række anbefalinger, som lystbådehavne - herunder nye havne, der overvejer at etablere opsamling og rensning af vaskevandet - kan følge.

4.5.1.1 Vurdering af miljøgevinsten

Som udgangspunkt bør det vurderes, om miljøgevinsten står mål med investeringen i at etablere systemer til opsamling og rensning af vaskevandet. Det er konstateret, at der under afspuling kun afvaskes 1½-7 promille af den mængde kobber, der påføres pr. båd pr. sæson. Hovedparten afgives i løbet af sejlsæsonen. Den gevinst, der kan opnås ved at opsamle og rense vaskevandet, er derfor ud fra en helhedsbetragtning minimal. Pr. 100 både kan der opsamles 60 g kobber.

4.5.1.2 Økonomi

I forhold til den miljøgevinst, der kan opnås, bør havnen overveje, hvad et anlæg til opsamling og rensning af vaskevand vil koste. I den forbindelse bør følgende forhold tages i betragtning:

- Råder havnen over et velegnet befæstet areal, der vil kunne anvendes som spuleplads, eller skal et sådant først etableres?
Erfaringen fra de eksisterende spulepladser viser, at der er betydelige anlægsudgifter forbundet med etableringen pga. gravearbejde, etablering af brønde, asfaltering, evt. forstærkning af boldværker m.m. Udgiften hertil beløber sig til 250.000-1.000.000 kr. (dette beløb er dog inkl. etablering af rensning, der beløber sig til 80-600.000).
- Er der mulighed for at aflede vaskevandet til offentlig kloak?
Hvis dette er muligt, vil det billiggøre etableringen af systemet.
- Hvis dette ikke er tilfældet, hvilke krav vil amtets stille i en udledningstilladelse? Hvad vil det koste at opfylde kravene?
Jo strengere krav der stilles, des mere og dermed dyrere rensning kræves der.

4.5.1.3 Indretning af spuleplads

Besluttes det at etablere en spuleplads, eller stilles der krav herom fra amtet, bør den placeres så tæt som muligt på optagningskajen for at undgå unødigt transporttid.

Råder havnen over et befæstet areal nær optagningskajen kan dette måske anvendes. Det kræver dog, at der er fald på arealet, da der skal kunne etableres en brønd, hvori vaskevandet kan opsamles og derfra pumpes til videre behandling.

Forhold omkring afledning af regnvand fra spulepladsen bør overvejes. Det bør undgås, at regnvand blandes med spulevandet for at minimere den vandmængde, der skal renses. I de perioder, hvor spulepladsen ikke er i brug, skal regnvand kunne ledes uden om rensningssystemet (hvilket f.eks. er gjort på Roskilde Havn).

4.5.1.4 Logistik

Erfaringen dels fra erfaringsopsamlingen og dels fra afvaskningsforsøget viser, at det i forhold til den normale optagningstid i gennemsnit tager omkring 30 minutter ekstra pr. båd at anbringe båden over spulepladsen og vaske bunden. Tiden kan variere en del og afhænger bl.a. af optagningsmetoden. En travelift er hurtigst, da båden under transport og afvaskning kan hænge i stropperne.

Anvendes en lastbil, skal båden kunne hejses op af vandet og svinges ind over spulepladsen, uden at lastbilen behøver at blive flyttet. Herved spares operationstid til kranbetjening og fiksering af båden på ladet i forbindelse med transport fra kaj til spuleplads og videre fra spuleplads til opbevaringsstativ.

For at spare tid kan det endvidere anbefales at investere i to højtryksrensere eller en højtryksrenser med to pistoler, således at begge sider af skroget kan vaskes samtidig.

4.5.1.5 Rensning af vaskevand

Skal vaskevandet udledes til recipient, må rensningsteknologien tilpasses amtets krav specificeret i udledningstilladelse. Stilles der meget skrappe krav,

anbefales det at etablere et rensningsanlæg efter konceptet beskrevet i afsnit 5.4.7.

Skal vaskevandet derimod ledes til offentlig kloak, stiller kommunen krav til kobberkoncentrationen i en tilladelse til afledning. I forhold til en udledningstilladelse vil kravene generelt være lempeligere i en tilladelse til afledning. Rensningsteknologien må tilpasses herefter.

5 Kildeliste

Bekendtgørelse nr. 921 af 8. oktober 1996 om kvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af visse farlige stoffer til vandløb, søer eller havet.

Bekendtgørelse nr. 871 af 21. september 2001 om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg

Beslaco, 2002. Støvsugere til håndværkere. Samleleksikon på www.beslaco.dk

Hedeselskabet, 1994. Analyserapport, Sønderborg Lystbådehavn 29.10.94

Miljøstyrelsen, 2001. Undersøgelse af kritisk frigivelseshastighed for kobber fra bundmaling til lystbåde. Miljøprojekt nr. 611, 2001.

Miljøstyrelsen, 2002. Udviklingen af alternative antifoulingmetoder til lystbåde. Miljøprojekt nr. 692, 2002.

Sønderjyllands Amt, 1991. Udledningstilladelse for Sønderborg Lystbådehavn 2. august 1991

Vejledning fra Miljøstyrelsen af 1/1-99 til bekendtgørelse om spildevandstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4.

Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 11/2002 om industrispildevand tilsluttet offentlige spildevandsanlæg.

6 Bilag

Bilag 1

Oversigt over testet udstyr til miljøvenlig afrensning af bundmaling

Bilag 2

Resultater fra afrensningsforsøg - miljødata

Bilag 3

Data fra afvaskningsforsøg

Bilag 4

Skema over spulepladser/beddinger etableret med opsamling og behandling af vaskevand med udledning til havnebassin

Bilag 5

Skema over vaskepladser/beddinger hvor vaskevandet ledes til kloak

Bilag 1. Oversigt over testet udstyr til miljøvenlig afrensning af bundmaling

Metode	Fabrikat	Brugsområde	Fordele	Ulemper	Tidsforbrug pr. m ²	Vejl. pris ekskl. moms
Slibemaskiner	Festool Rotex RO 150 E (excentersliber)	Fjernelse af bundmaling ned til primer, men særlig anvendelig til fin- og mellemslibning	Hastighedsregulering. Justering af slibebevægelse til hhv. grov- og finslibning. Maling brænder ikke fast i slibeskiver pga. specielt luftflow. Pæn overflade. Hurtig til fin- og mellemslibning.	Lidt langsom til fjernelse af alt bundmaling. Lidt tung når der arbejdes vandret "opad".	120 min. (glasfiberpest), korn 24 45 min. (grovslibning) korn 24 65 min. (grovslibning) korn 60 5-25 min. (efterbehandling) korn 60-180 6-8 min. (finslibning) korn 120-180)	3.995 kr.
	Festool RAS 115.04 E (rotationssliber)	Fjernelse af bundmaling ned til primer samt grovere mellemslibning.	Generelt hurtigere end excentersliberne	Bundmaling kan brænde fast i slibepapir. Efterlader ujævn overflade, der bør efterslibes	80 min. (glasfiberpest) korn 24	2.695 kr.
	Rupes BR 65AE (Kraftig excentersliber)	Fin- og mellemslibning.	Hastighedsregulering. Kraftig motor.	Lidt tung når der arbejdes vandret "opad".	65 min. (grovslibning) korn 40 40 min. (efterbehandling) korn 80	2.165 kr.
	Rupes BR 35AE (excentersliber)	Fin- og mellemslibning.	Nem og handy at arbejde med. Hastighedsregulering	Lidt tung når der arbejdes vandret "opad". Ikke så kraftig motor.	75 min. (grovslibning) korn 40 45 min. (efterbehandling) korn 80	1.699 kr.
	Rupes SSPF (rystepudser)	Fin- og mellemslibning.	Hurtig og effektiv til fin- og mellemslibning på flader der krummer udad.	Sliber dårligt på flader, der krummer indad. Tungere end øvrige maskiner. Problem særligt når der arbejdes vandret opad.	35 min. (efterbehandling) korn 80	2.086 kr.
Skrabejern til støvsuger	Vacuum scraper	Hurtigst til fjernelse af bundmaling ned til primer / gelcoat. Overfladen skal efterslibes.	Fjerner hurtigt og effektivt maling helt ned til primer.	Kan lave skraberidser hvis jernet kæntres en smule. Det anbefales at runde jernets spidse kanter med en fil inden brug.	20-40 min. (grovafrensning)	355 kr.

Glasfiber høvl	Gel-planer Specielt høvl til glasfiberbåde	Meget effektiv til osmosereparationer. Fjerner hurtigt al maling og primer/gelcoat og blottægger glasfiberen.	Meget effektiv og hurtig til osmosebehandling. Efterlader rimelig jævn og pæn overflade. Der bør efterbehandles med en let sandsvirpning for at sikre, at dybere siddende osmoseblærer punkteres.	Dyr i anskaffelse (kan lejes). Larmer meget	5-15 min.	16.500 kr. 2.500 kr. i leje/ weekend
----------------	--	---	---	--	-----------	---

Støvsugere

	Fabrikat	Brugsområde	Fordele	Ulemper	Pris og volumen på støvposer (ekskl. moms)	Pris ekskl. moms
Støvsugere	Festool SRH 204	Til våd- og tørsugning. Opfylder AT´s krav til opsugning af miljøfarligt støv. Starter automatisk når tilkoblet elværktøj tændes og suger ca. 5-10 sek. efter elværktøjet slukkes (for at tømme slange).	Lydindikator for fyldt støvsugerpose/fyldt filter. Støvsugerposer omgivet af en sort affaldssæk gør håndtering uden sild ifm. poseskift nem. Omskifter for slangetykkelse og regulering af sugestyrken.	Små hjul ikke specielt egnet til kørsel på havne hvor underlaget ofte er grus, sten m.m. Bør løftes rundt eller monteres på vogn.	87 kr. pr. stk. 25 liter	9.245 kr.
	Starmix Maxi Sail ARZ 1435 KiP 250 EW	Til våd- og tørsugning. Opfylder AT´s krav til opsugning af miljøfarligt støv. Starter automatisk når tilkoblet elværktøj tændes og suger ca. 5-10 sek. efter elværktøjet slukkes (for at tømme slange).	Lysindikator for fyldt støvsugerpose/fyldt filter (kan fås med lydindikator). Opbygget på kørestel med 25 cm luftgummihjul og plads til værktøjskasser m.m. således at alt udstyr findes som en samlet enhed.	Ingen lydindikator ved fyldt pose.	37 kr. pr. stk. 38 liter	8.950 kr. (ca. 4000 kr. uden kørestel og plads til værktøj)
	Rupes KS 250 EP	Til våd- og tørsugning. Opfylder AT´s krav til opsugning af miljøfarligt støv. Starter automatisk når tilkoblet elværktøj tændes og suger ca. 5-10 sek. efter elværktøjet slukkes (for at tømme slange).	Rimeligt store baghjul. Mulighed for tilslutning af to el-værktøjer samtidig.	Ingen indikator ved fyldt pose.	36 kr. pr. stk. 37 liter	5.270 kr.

Bilag 2

Resultater fra afrensningsforsøg - miljødata

Afrensningsgrad	Testbåd	Metode	Sandpapir	Slange-diameter	Spild-procent	Totalt afrenset (g) (Beregnet)	Totalt spild (g) (Beregnet)	% Cu i TS	Totalt afrenset Cu-mængde (g)	Cu i spild (pladsforurening) (g)	Forurenings-reduktion % Cu
Al maling samt primer og gelcoat fjernet	Snekke	<i>Rotationssliber</i>	korn 24	Ø 27 mm	9,2%	24.419	2.239	0,04%	9,5	0,9	90,8%
	Snekke	<i>Excentersliber Festo</i>	korn 24	Ø 27 mm	10,2%	23.457	2.384	0,07%	16,1	1,6	89,8%
	Snekke	<i>Gelplaner</i>		Ø 50 mm	5,5%	24.168	1.333	-	-	-	94,5%
Al maling fjernet ned til primer	Danboat	<i>Skra-bejern</i>		Ø 38 mm	0,7%	7.243	50	-	-	-	-
	Molich x	<i>Skra-bejern</i>		Ø 38 mm	0,2%	9.059	18	24%	2.165,2	4,2	99,8%
	Danboat	<i>Excentersliber Festo</i>	korn 24	Ø 27 mm	2,5%	10.828	273	13%	1.386,0	34,9	97,5%
Al maling fjernet ned til primer	Scankap 99	<i>Excentersliber Rupes stor</i>	korn 60	Ø 27 mm	0,4%	9.718	42	22%	2.128,3	9,3	99,6%
	Scankap 99	<i>Excentersliber Rupes lille</i>	korn 40	Ø 27 mm	1,4%	13.825	195	22%	3.027,6	42,7	98,6%
Finslibning	Molich X	<i>Excentersliber Festo</i>	korn 120	Ø 27 mm	1,2%	2.856	34	32%	916,8	11,0	98,8%
	Molich X	<i>Excentersliber Festo</i>	korn 120	Ø 38 mm	0,3%	3.997	11	20%	795,3	2,3	99,7%

NB. Totaler er 30 fods sejlbåd med et bundareal (våd overflade) på 15, 87 m². Disse totaler er omregnet ud fra det bundareal der blev lavet afrensings- og opsamlings forsøg på (typisk 1 m²).

Gennemsnit					Spild- procent	Totalt afrenset (g) (Beregnet)	Totalt spild (g) (Beregnet)	% Cu i TS	Totalt afrenset Cu- mængde (g)	Cu i spild (pladsforu- ring) (g)	Forurenings- reduktion % Cu
Alt maling samt primer fjernet - glasfiber blotlagt					8,3%	24.015	1985,3	0,05%	12,82	1,26	91,7%
Alt maling fjernet ned til primer					1,0%	10.135	116	20,1%	2.176,75	22,79	98,9%
Finslibning					0,7%	3.426	23	26,0%	856,05	6,64	99,3%

Bilag 3

Maling	Vandforbrug (liter)	Cu indhold i vaskevand mg/l	Total Cu i vaskevand (mg)	Bundfald (g)	% Cu i TS	g Cu i bundfald	Total Cu g (vand+ bundfald)	Ws	Cu g/m2	Antal lag maling	Sejlaktivitet	Bemærkninger
Mille 2000	15.5	0.31	4.75	2.21	22.9%	0.51	0.51	18.3	0.03	1	1	
Mille 2000	15.3	1.64	25.06	5.62	18.8%	1.06	1.08	11.9	0.09	2	1	
Mille 2000	35.3	2.64	93.27	1.79	8.0%	0.14	0.24	21.2	0.01	2	3	
Mille 2000	41.6	1.35	56.06	5.13	10.2%	0.52	0.58	22.2	0.03	2	2	
Hempel selvpolerend	35.2	2.49	87.77	57.86	32.4%	18.72	18.81	25.4	0.74	2	1	Mange afskaldninger i vandet og afsmitning
Mille Ocean	45	1.52	68.32	34.68	29.0%	10.07	10.14	17.3	0.59	2	1	Mange afskaldninger i vandet og afsmitning
Mille 2000	26.4	1.50	39.47	8.25	14.4%	1.19	1.23	15.2	0.08	2	2	Vaskevandet farvet sort
Optima	7.5	4.04	30.27	6.12	6.7%	0.41	0.44	18.9	0.02	4	2	Vasket meget lidt og let
Mille test	34.4	1.25	42.89	2.83	25.7%	0.73	0.77	21.8	0.04	2	2	Grundig afvaskning (tæt på) - meget blå farve i vaskevandet
Mille Ocean	46	1.74	79.87	25.71	19.2%	4.94	5.02	19.8	0.25	2	3	Vaskevandet farvet rødt
Mille test	21.7	1.17	25.41	1.39	6.8%	0.09	0.12	18.9	0.01	2	1	Rimelig grundig afvaskning. Vaskevand blåt
Optima	31.8	3.01	95.70	0.63	12.1%	0.08	0.17	24.7	0.01	3	2	Grundig afvaskning (vaskevand rødt)
sort Mille 2000+lidt m	40.4	3.38	136.40	9.57	5.3%	0.51	0.65	25.4	0.03	2	3	Grundig afvaskning. Vaskevand meget sort
Optima	90.4	2.10	190.05	75.22	5.3%	4.02	4.21	59.6	0.07	3	2	Meget grundig afvaskning, meget stor båd. maling smittede en del af. Dårlig vedhæftning
Mille test	46.9	0.62	29.15	39.35	24.4%	9.60	9.63	15.7	0.61	3	1	Grundig afvaskning - afskaldning, mange lag gammel maling
Hard Racing	45.5	1.58	71.92	10.76	14.0%	1.50	1.57	22.2	0.07	2	1	Grundig afvaskning
Optima	32.3	2.63	84.91	3.16	12.0%	0.38	0.46	14.8	0.03	3	1	Grundig afvaskning
Mille Ocean	55.6	1.75	97.51	121.02	45.0%	54.43	54.52	12.4	4.39	2	1	Meget grundig afvaskning, skaller meget af
3/4 mille 2000												
1/4 mille dynamic	45.5	2.34	106.42	6.15	18.6%	1.15	1.25	15.8	0.08	1	1	Grundig afvaskning
Mille 2000	51.3	1.42	73.02	28.06	8.5%	2.38	2.46	24.6	0.10	2	1	Ny båd - grundig afvaskning - ingen afsmitning. Dog meget rust på køl og i spulevand
Mille Ocean	61.8	3.67	226.97	23.32	23.9%	5.57	5.80	25.9	0.22	2	3	Grundig afvaskning, afskaldninger. Bunden afvasket juli og september med børste (dykker)
Mille test	38.5	1.66	63.94	32.22	44.2%	14.24	14.30	21.6	0.66	3	2	Grundig afvaskning
I alt	863.90		1729.14	501.03		132.24	133.97	473.4				
Gns	39.27	1.99	78.60	22.77	19%	6.01	6.09	21.52	0.37	2.23		

Lag Maling: 1=pletmalet, 2=et lag, 3=to lag, 4= tre lag

Sejlaktivitet: 1=0-400 sømil, 2=400-700 sømil, 3=over 700 sømil

Bilag 4. Skema over spulepladser/beddinger etableret med opsamling og behandling af vaskevand med udledning til havnebassin

Etablering af anlæg Havn / årstal	Kapacitet (antal både pr. år)	Type	Rensning	Koncentration mg Cu/l indløb, (metode), år	Koncentration mg Cu/l udløb, (metode), år	Amtets krav (Cu)	Etableringsom k.	Driftsomkostninger
Sønderborg Lystbådehavn / 1991	150-200	Vaskeplads m. simpel rensning	Lamelseparator (speciel bundfældning) + rockwoolfilter	6,2 (DIN) 1991 11 (DIN) 1991	0,98 (DIN) 1991 9 (DIN) 1991 5 (DS 2210) 1994	0,5 mg/l	omkring 600.000 kr.	? (2 tømninger/år af tank m. slamsuger. Bortskaffelse af filtre 1-2 gange/år)
Marina Minde / 1991	200-300	Vaskeplads m. simpel rensning	Bundfældningstank + sandfilter	37 (DIN 38.406, 22.del) 1993	2 (målemetode ?) 1991 0,9 (målemetode ?) 1992 0,89 (DIN 38.406, 22.del) 1993	0,5 mg/l	?	? (2 tømninger/år af tank m. slamsuger. Bortskaffelse af filtre 1-2 gange/år)
<i>Bagenkop (erhvervshavn) / 1994 (tilladelse til udledning)</i>	100	2 beddinger m. opsamling og avanceret rensning	Sandfang + bundfældning m. tilsætning af polyaluminiumklorid + olieudskiller		0,42 (SM 305) 1999 0,19 (MK 1233-AAS/graf) 2000	1 mg/l	ca. 1 mio. kr.	? – (oprensning af filtre og bundfældningstank, indkøb af polyaluminiumklorid)
<i>Augustenborg Yachthavn / 1993</i>	100?	Vaskeplads m. bundfældning	Stor bundfældningstank (5m ³) Opholdstid: 12 timer	11 (DIN 38.406, 22.del) 1993	2,6 (DIN 38.406, 22.del) 1993	? havn udlagt som erhvervs-område	83.909 kr. (pladsen eksisterede allerede)	ca. 9.000 kr. (6.000 kr. affaldsbortskaffelse Kommune Kemi + reparationer el vand m.m. 3.000kr.)
<i>Holstebro-Struer Havn / ?</i>	ca. 300	Vaskeplads m. avanceret rensning	Sandfang, olieudskiller flokulering, separering fjernelse af TM	-	-	?	50.000 kr. til pladsen (havde de i forvejen) 250-300.000kr. til rensnings-anlæg	ca. 6.000 kr. bortskaffelse af Flokuleringsmiddel og slam fra olieudskiller

Bilag 5. Skema over vaskepladser/beddinger hvor vaskevandet ledes til kloak

Etablering af anlæg Havn / årstal	Kapacitet (antal både pr. år)	Type	Rensning inden tilledning til kloak	Koncentration mg Cu/l indløb, (metode), år	Koncentration mg Cu/l udløb, (metode), år	Amtets krav (Cu)	Etablerings- omk.	Driftsomkostninger
Marstal Havn / ca. 1980	?	Vaskeplads m. opsamling	Ingen	-	-	?	?	?
Vedbæk / 1989	300-400	Stor "vaskeplads" (hele vinterpladsen er asfalteret) med opsamling via aquadræn	Benzin/olieudskillere	Ingen analyser	Ingen analyser	?	? lavet som en del af hele havnens kloakering (mange mio. kr.)	Affaldsbortskaffelse (olieudskillere) 7.200.kr.
Thisted havn / ca. 1990		Vaskeplads m. opsamling	Nej	Ingen analyser	Ingen analyser	?	? lavet som en del af et større anlægsarbejde	?
Nykøbing F. Havn / gammel		Bedding m. opsamling via rist	Nej	Ingen analyser	Ingen analyser	?		
Roskilde / 1999	260	Vaskeplads m. bundfældning. 2 seriekoblede bundfældningstan- ke 1 m ³ + lille filter i højtryksrenser. Vandet recirkuleres	Vaskevand køres til Kommune Kemi. Der må overhovedet ikke udledes Cu til havn	Nej	Nej	Ingen udledni- ng	20.000 kr. til bundfældning, tanke, rørføring mm. Selve pladsen etableret i forbindelse med større ombygning	17.000.kr. ca. 12.000 til affaldsbortskaffelse + 5.000 kr. til vedligeholdelse

7 Grafer

Graf 1

Total afvasket mængde kobber pr. båd

Graf 2

Afvasket mængde kobber pr. m²

Graf 3

Afvasket mængde kobber pr. m² i forhold til vandforbrug

Graf 4

Afvasket mængde kobber pr. m² i forhold til sejlaktivitet og påført mængde maling

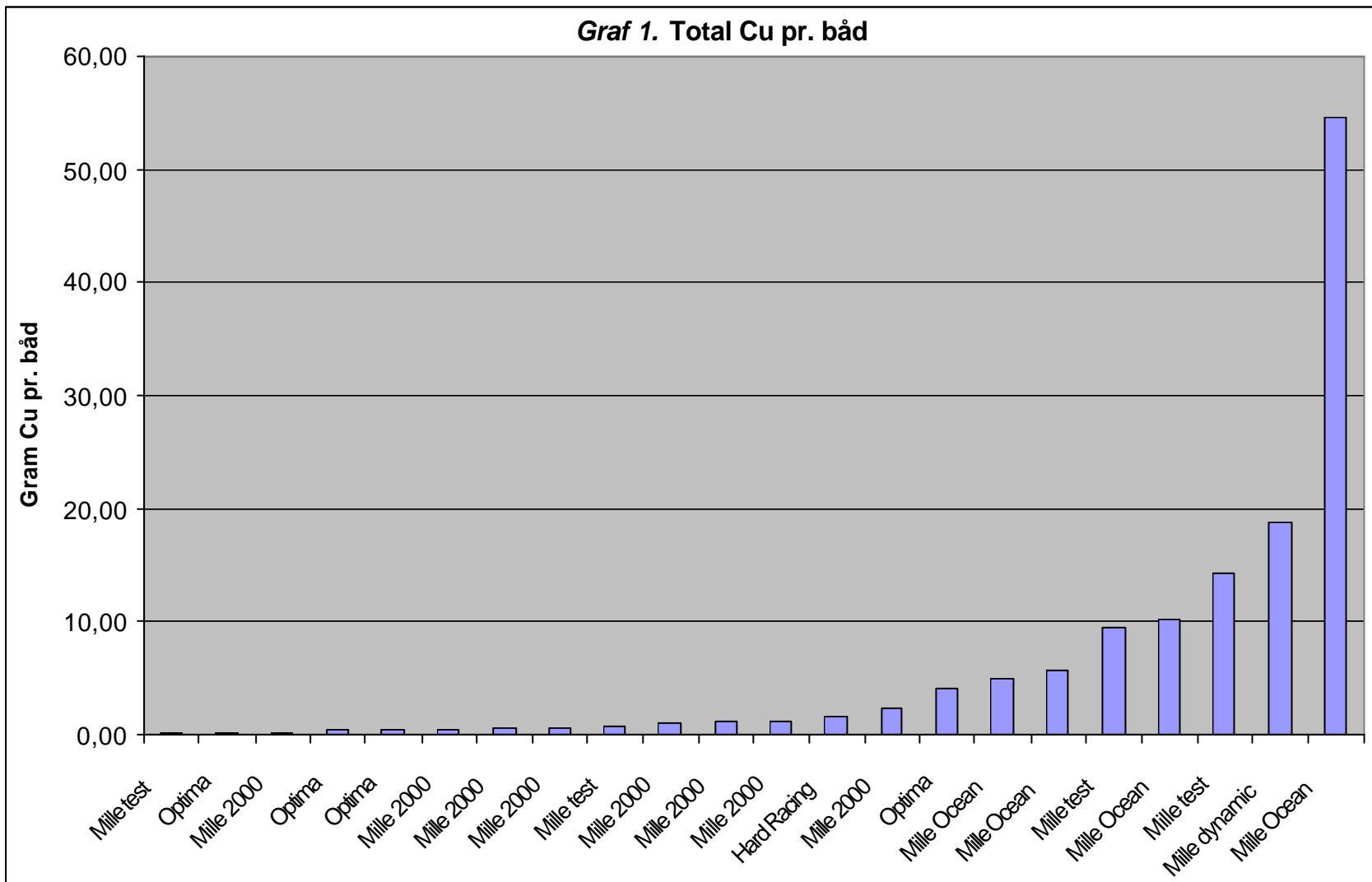
Graf 5

Afvasket mængde kobber pr. m² opdelt på hhv. både med og uden afskalninger

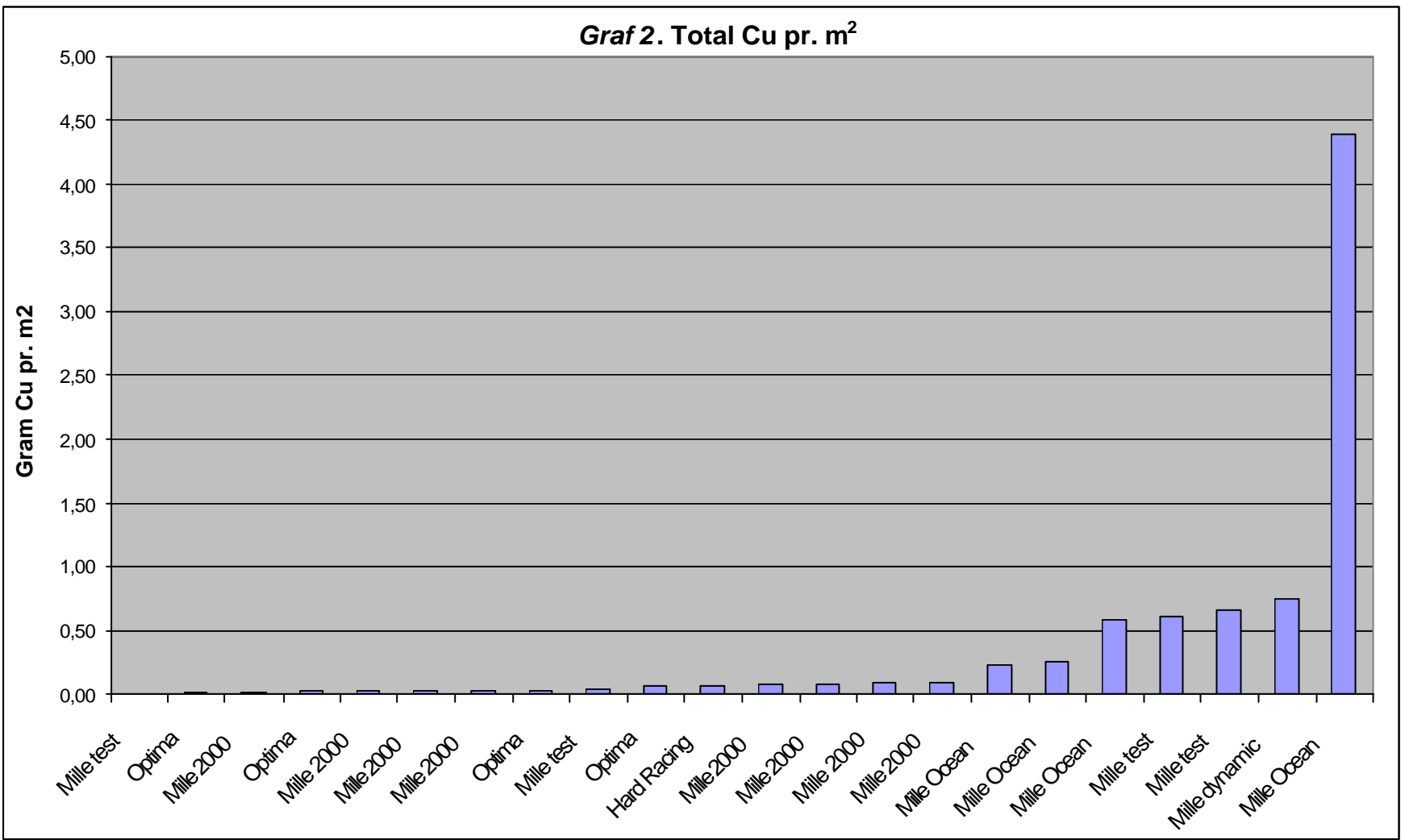
Graf 6

Afvasket mængde kobber pr. m² for både der ikke skallede af set i forhold til malingsmængde, sejlaktivitet og vandforbrug.

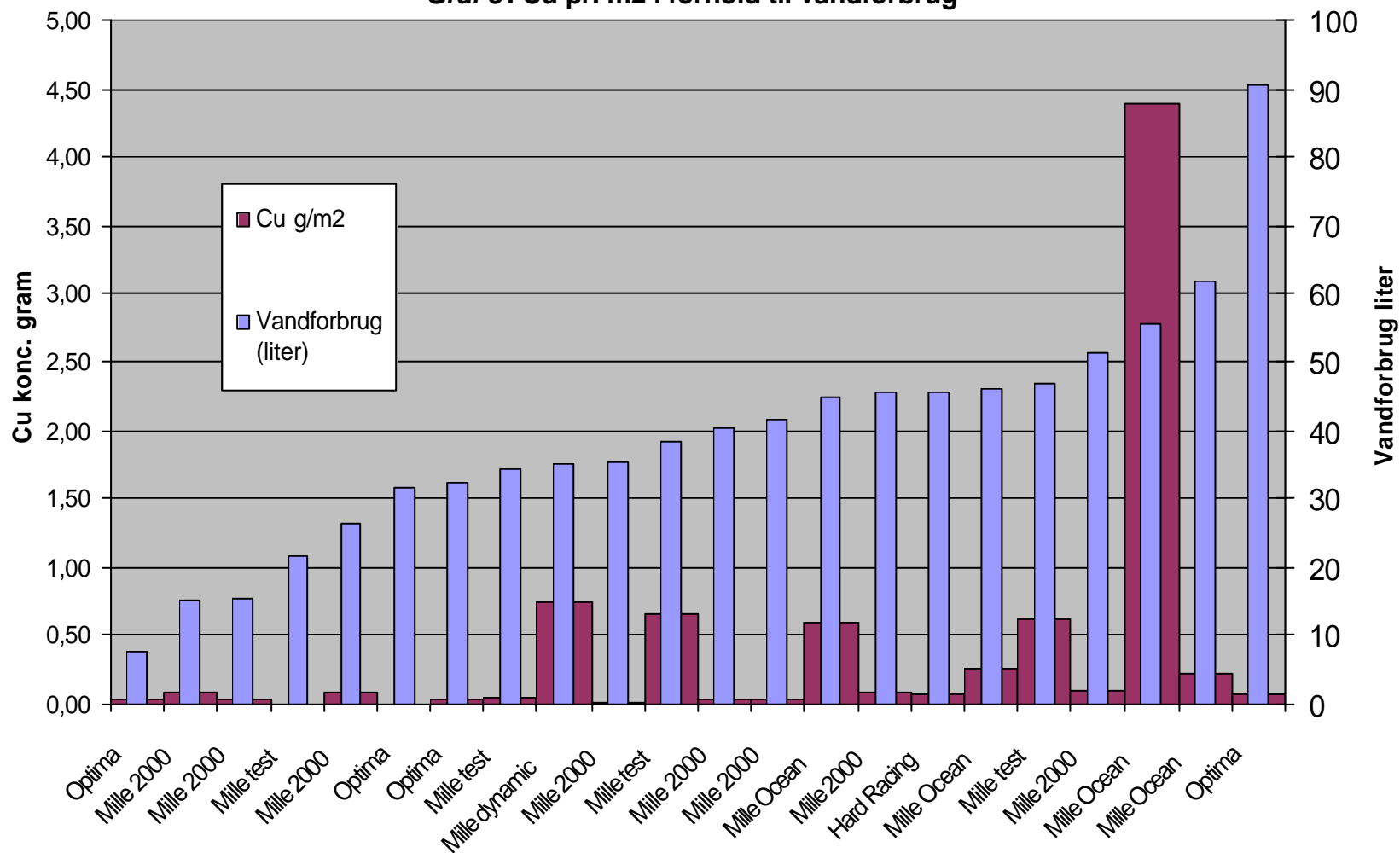
Graf 1. Total Cu pr. båd



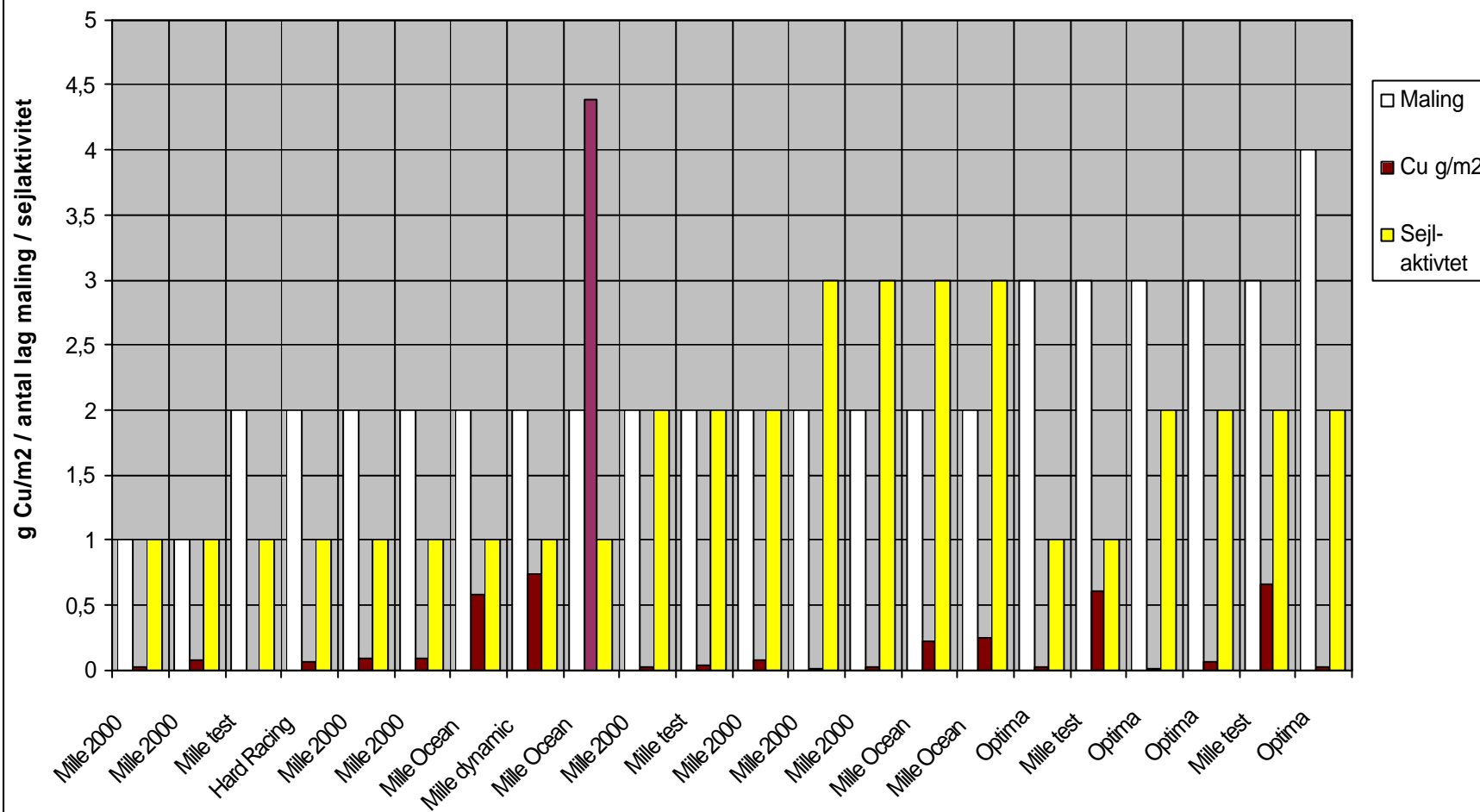
Graf 2. Total Cu pr. m²



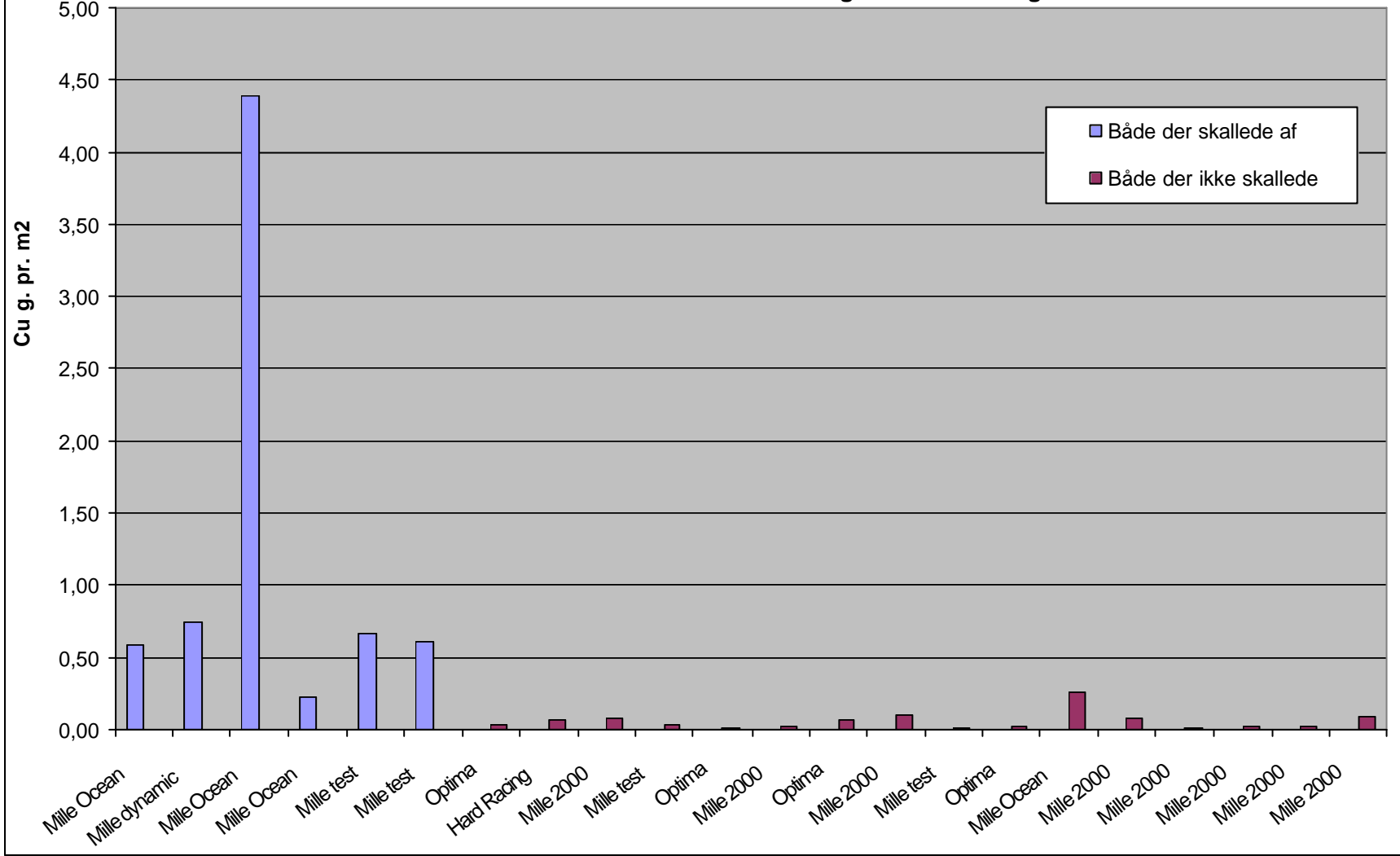
Graf 3. Cu pr. m2 i forhold til vandforbrug



Graf 4. Afvasket kobbermængde, sejlaktivitet og mængden af maling



Graf 5. Kobberkoncentration for både med og uden afskalninger



Graf 6. Kobbermængde fra både der ikke skallede af set i forhold til malingsmængde, sejlaktivitet og vandforbrug

