Check for
updates

Nordiske skibsværfter

*Bedste Tilgængelige
Teknikker (BAT)*

Nordisk
Ministerråd

Nordiske skibsværfter

Bedste Tilgængelige Teknikker (BAT)

*Esa Salminen, Jan Holmegaard Hansen, Claus Werner Nielsen
og Paula Wuokko*

Nordiske skibsværfter

Bedste Tilgængelige Teknikker (BAT)

Esa Salminen, Jan Holmegaard Hansen, Claus Werner Nielsen og Paula Wuokko

ISBN 978-92-893-4736-5 (PRINT)

ISBN 978-92-893-4737-2 (PDF)

ISBN 978-92-893-4738-9 (EPUB)

<http://dx.doi.org/10.6027/TN2016-549>

TemaNord 2016:549

ISSN 0908-6692

Standard: PDF/UA-1

ISO 14289-1

© Nordisk Ministerråd 2016

Layout: Hanne Lebech

Omslagsfoto: Turku Reparationsværft

Tryk: Rosendahls-Schultz Grafisk

Printed in Denmark

Denne rapport er udgivet med finansiel støtte fra Nordisk Ministerråd. Indholdet i rapporten afspejler dog ikke nødvendigvis Nordisk Ministerråds synspunkter, meninger, holdninger eller anbefalinger.

Det nordiske samarbejde

Det nordiske samarbejde er en af verdens mest omfattende regionale samarbejdsformer. Samarbejdet omfatter Danmark, Finland, Island, Norge og Sverige samt Færøerne, Grønland og Åland.

Det nordiske samarbejde er både politisk, økonomisk og kulturelt forankret, og er en vigtig medspiller i det europæiske og internationale samarbejde. Det nordiske fællesskab arbejder for et stærkt Norden i et stærkt Europa.

Det nordiske samarbejde ønsker at styrke nordiske og regionale interesser og værdier i en global omverden. Fælles værdier landene imellem er med til at styrke Nordens position som en af verdens mest innovative og konkurrencedygtige regioner.

Indhold

Indhold	3
Sammenfatning	5
Forord	9
Oversigt over forkortelser	11
Introduktion	13
Baggrund og formål	13
Metode og tilgang til projektet	13
Konsulentteamet	14
BAT Gruppen	15
Tak til værfterne og andre bidragsydere	15
1. Skibsværftsaktiviteter i de nordiske lande og anvendte teknikker	17
1.1 Skibsværftsaktiviteter i de nordiske lande	17
1.2 Anvendte teknikker på værfterne	20
2. Summarisk oversigt over lovgivningen	29
2.1 Finland	30
2.2 Ålandsøerne	30
2.3 Danmark	31
2.4 Norge	33
2.5 Sverige	34
2.6 Island	34
2.7 Færøerne	35
3. Miljøpåvirkninger fra værfter og centrale miljøindikatorer	37
3.1 Emissioner til luft	38
3.2 Støj- og lysforurening	40
3.3 Spildevands- og overfladevandemissioner	40
3.4 Kemikalier	42
3.5 Affald	43
3.6 Forurening af jord, grundvand, hav, sø og sediment	44
3.7 Energieffektivitet og miljødesign	45
4. BAT på skibsværfter	47
4.1 BAT for miljøledelse, inklusiv monitoring og rapportering	47
4.2 BAT for kontrol af luftforureningen	47
4.3 BAT for støjemissioner	48
4.4 BAT for kontrol af spildevands- og overfladevandsudledninger	48
4.5 BAT for håndtering af kemikalier og substitution	49
4.6 BAT for affaldshåndtering og minimering af affaldsdannelsen	49
4.7 BAT for reduktion af ulykkesrisiko og uheld	50
4.8 BAT for design og konstruktion	50
4.9 BAT for energiledelse	50

5. BAT kandidater.....	51
5.1 BAT kandidat nr. 1 – Ultra højt vandtryks blæsning (UHP blæsning)	52
5.2 BAT kandidat nr. 2. – Malinger med lavt VOC indhold	56
5.3 BAT kandidat nr. 3 – Opløsningsfrie malinger.....	57
5.4 BAT kandidat nr. 4 – Vandbaserede malinger i skibsbygning	59
5.5 BAT kandidat nr. 5 – Helt eller delvist indkapslede faciliteter til overfladebehandling	60
5.6 BAT kandidat nr. 6 – Multifunktionelle spildevandsbehandlingsfaciliteter	63
5.7 BAT kandidat nr. 7 – Miljøledelse	67
5.8 BAT kandidat nr. 8 – Miljøvenlig konstruktion og drift af dokker.....	70
5.9 BAT kandidat nr. 9 – Malingscontainere.....	71
5.10 BAT kandidat nr. 10 – Miljøvenlig undervands skibsskrog- og propelrensning.....	73
6. Spirende teknologier.....	79
6.1 Malingsfjernelse fra skibsskrog med laser induceret varme	79
7. Referencer og kontakter	83
8. Summary	85

Sammenfatning

Nordisk Ministerråds BAT Gruppe har ønsket gennemført et projekt om Bedste Tilgængelige Teknikker (BAT) for skibsværfter i de nordiske lande. Formålet med opgaven har været at:

- Gennemføre et review og beskrive skibsværftssektoren i de nordiske lande.
- Gennemføre et review og beskrive de anvendte teknikker i sektoren.
- Identificere og beskrive centrale miljøindikatorer fra et nordisk perspektiv.
- Identificere og beskrive teknikker, som skal være indeholdt i de betragtninger, der repræsenterer BAT på skibsværfter.

Afgrænsningen af dette projekt har været stålskibsværfter, men ikke skibe bygget i træ eller forstærket plastic. Fokus har været på overfladebehandling i forhold til vedligeholdelse og reparation, men også i mindre udstrækning til skibsbygning. Ophugning, håndtering af ballastvand og motorreparationer har ikke været omfattet af projektet.

De beskrevne informationer og oplysninger i rapporten kan anvendes af skibsværfter, miljøkonsulenter og miljømyndigheder i landene. Projektets resultater vil muligvis også kunne anvendes som et nordisk input til den Tekniske Arbejdsgruppe for revisionen af BAT konklusionerne på BREF-en for "Surface Treatment Using Organic Solvents (STS)" i henhold til Industrial Emission Directive (IED-direktivet).

Skibsbygning har en lang tradition og har tidligere været en betydelig industrisektor i de nordiske lande. I dag har de nordiske lande primært reparations- og vedligeholdelsesværfter. På den anden side så foregår der nybygningsaktiviteter på et begrænset antal værfter i de nordiske lande.

Miljøpåvirkningerne fra skibsværfter i de nordiske lande er meget forskellige. Især er der stor forskel på nybyggeri og reparations- og vedligeholdelsesaktiviteter. Der er flere grunde hertil:

- Skibsværfter har meget forskellige faciliteter og størrelser, såsom dokker, flydedokker og beddings, hvilket giver forskellige muligheder for at begrænse emissionerne. Nogle skibsværfter er ældre og har derfor ikke udstyr med de samme muligheder for at begrænse emissioner som nye værfter (f.eks. barrierer

og spildevandsfaciliteter). Moderne udstyr kan være besværligt eller dyrt at installere på ældre værfter.

- Skibenes størrelser er forskellige.
- De nordiske lande har meget forskellige klimatiske betingelser (temperatur, tidevand, snevejr m.v.).
- Værfternes placeringer (nogle værfter ligger i byer og tæt på beboelse eller ligger i naturbeskyttelsesområder).

De centrale miljøpåvirkninger behandlet i denne rapport er i ikke-prioriteret rækkefølge:

- Luft emissioner (støv og VOC).
- Støj emission.
- Emissioner fra spildevand og overfladevand (sundhedsskadelige stoffer som tungmetaller og olie).
- Affaldsfraktioner (stål i skibsbygning, slibemidler med sundhedsskadelige stoffer for vedligeholdelse og reparationer).
- Kemikalier (maling og anti-begroningsmidler).
- Forureninger ledt til jord, grundvand og hav- og søvand og sedimenter.
- Energieffektivitet og miljøvenligt design.

De beskrevne BAT på skibsværfter omfatter beskrivelser af:

- BAT for miljøledelse, inklusiv monitoring og rapportering.
- BAT for kontrol af udledningen af luftforureninger.
- BAT for støjemission.
- BAT for kontrol af udledningen af spildevand og overfladevand.
- BAT for håndtering og substitution af kemikalier.
- BAT for affald management og minimering.
- BAT for reduktion af risici og ulykker.
- BAT for design og etablering af værfter.
- BAT for energiledelse.

De tekniske og økonomiske forhold såvel som miljøpåvirkningen af BAT varierer meget og er i mange tilfælde afhængig af, hvilken BAT der vurderes. Det er i den forbindelse værd at bemærke, at valget af BAT altid ligger hos skibsværftet. Rederiet og malevareleverandøren bestemmer dog ofte, hvilke malevaresystemer, der skal anvendes samt hvilket udstyr, der skal anvendes som forbehandling ved skibets overfaldebehandling. Rapportens beskrevne BAT kandidater er vist i tabel 1.

Tabel 1: BAT kandidater

Nr.	BAT kandidater
1	Ultra højt vandtryks blæsning (UHP blæsning)
2	Maling med lavt VOC indhold
3	Opløsningsmiddelfrie maling
4	Vandbaserede maling til skibsbygning
5	Helt eller delvist indkapslede faciliteter til overfladebehandling
6	Multifunktionelle spildevandsbehandlingsfaciliteter
7	Miljøledelsessystemer
8	Miljøvenlig konstruktion og drift af dokker
9	Malevare containere
10	Miljøvenlig skibsskrog- og propelrensning

Fjernelse af maling fra skibsskrog ved induktionsopvarmning med laser gennemgås som en spirende teknologi. Der findes ikke viden om, at denne teknologi anvendes på nordiske værfter i dag. De eksisterende teknologier anvendes i dag til forskellige specialopgaver for at fjerne overfladebeskyttelse, især tykkere lag.

Forord

Nordisk Ministerråd, BAT gruppen under arbejdsgruppen for bæredygtig forbrug og produktion (også kaldet HKP) har anmodet Vahanen Environment Oy sammen med COWI AS om at gennemføre et projekt om Bedste Tilgængelige Teknikker (engelsk: Best Available Techniques, BAT) for skibsværfter i de nordiske lande.

De beskrevne informationer og oplysninger i rapporten kan anvendes af skibsværfter, miljøkonsulenter og miljømyndigheder i landene. Projektets resultater vil muligvis også kunne anvendes som et nordisk input til den Tekniske Arbejdsgruppe for revisionen af BAT konklusionerne på BREF-en for "Surface Treatment Using Organic Solvents (STS)" i henhold til Industrial Emission Directive (IED-direktivet).

Ti potentielle BAT kandidater og en spirende teknik er medtaget i rapporten, som beskriver initiativer til at reducere udledning af luftforurening, støjudsendelse, spildevandsudledning og produktion af affald på skibsværfter.

Følgende konsulenter har bidraget til rapporten:

- Esa Salminen, Vahanen Environment Oy (Project Manager).
- Jan Holmegaard Hansen, COWI AS.

Konsulenterne er assisteret af:

- Claus Werner Nielsen, COWI AS.
- Paula Wuokko, Vahanen Environment Oy.

BAT projektet har været fulgt og kommenteret af den nordiske BAT gruppe. Medlemmerne af BAT gruppen er:

- Halla Einarsdóttir, The Environment Agency of Iceland, Miljøstyrelsen, Island.
- Anne Katrine Arnesen, Miljødirektoratet, Norge.
- Kaj Forsius, Finlands miljöcentral.

- Lena Ziskason, Umhvørvisvidgeri, Umhvørvisstova, Færøernes Miljøstyrelse.
- Susanne Särs, Ålands miljö- och hälsoskyddsmyndighet.
- Birgitte Holm Christensen, Miljøstyrelsen, Danmark.
- Annika Månsson, Naturvårdsverket, Sverige.

Oversigt over forkortelser

BAT Gruppen	BAT Gruppen er en undergruppe af arbejdsgruppen for Hållbar Konsumtion och Produktion (HKP).
BAT	Bedste Tilgængelig Teknikker.
BREF document	Bedste Tilgængelig Teknikker – Referencedokument.
EMS	Miljøledelsessystemer.
IED	The Industrial Emissions Directive (2010/75/EU).
IMO	The International Maritime Organization, den internationale maritime organisation.
LNG	Liquefied natural gas, flydende naturgas.
STS	Surface Treatment Using Organic Solvents, overfladbehandling med opløsningsmidler.
UHP blasting	Ultra højt vandtryks blæsning.
VOC	Volatile organic compounds, organiske opløsningsmidler.

Introduktion

Baggrund og formål

Nordisk Ministerråds BAT Gruppe har besluttet at igangsætte et nordisk BAT projekt for skibsværfter i de nordiske lande.

Formålet med projektet har været at:

- Gennemføre et review og beskrive skibsværftssektoren i de nordiske lande.
- Gennemføre et review og beskrive de anvendte teknikker i sektoren.
- Identificere og beskrive centrale miljøindikatorer fra et nordisk perspektiv.
- Identificere og beskrive teknikker, som skal være indeholdt i de betragtninger, der repræsenterer Bedste Tilgængelige Teknikker (BAT) på skibsværfter.

Det tidligere nordiske BAT projekt for skibsværfter blev publiceret i 1996 som en Tema-Nord 1996:556 rapport med titlen: Reduction of Emissions from Ship Yards.

Afgrænsningen af dette projekt har været stålskibsværfter, men ikke skibe bygget i træ eller forstærket plastic. Fokus har været på overfladebehandling i forhold til vedligeholdelse og reparation, men også i mindre udstrækning til skibsbygning. Ophugning, håndtering af ballastvand og motorreparationer har ikke været omfattet af projektet.

De beskrevne informationer og oplysninger i rapporten kan anvendes af skibsværfter, miljøkonsulenter og miljømyndigheder i landene. Projektets resultater vil muligvis også kunne anvendes som et nordisk input til den Tekniske Arbejdsgruppe for revisionen af BAT konklusionerne på BREF-en for "Surface Treatment Using Organic Solvents (STS)" i henhold til Industrial Emission Directive (IED-direktivet).

Metode og tilgang til projektet

Informationer og data om skibsværfter, anvendte teknikker og emissioner er indsamlet i de nordiske lande fra dels dokumenter og leverandører dels fra besøg på et antal skibsværfter. Skibsværfter af forskellige størrelse, som anvender forskellige typer af udstyr

til bygning og reparation af forskellige typer skibe har været kontaktet med henblik på at etablere den bredest tænkelige dækning af projektet.

Fokus i projektet har været vedligeholdelse og reparationer, som er mere almindelig end skibsbygning i de nordiske lande. Desuden er leverandører til værfterne og andre interessenter såsom nordiske skibsværft brancheforeninger, malings- og udstyrsleverandører kontaktet.

Ved identifikationen af BAT kandidaterne til projektet blev der indledningsvist udarbejdet en lang liste. Derefter blev listen reduceret med anvendelse af følgende parameter:

- BAT, som primært anvendes i de nordiske lande.
- BAT, som omhandler de relevante centrale miljøindikatorer.
- BAT, som er økonomisk og teknisk realistiske set i forhold til omkostninger og løsningernes fordele.

Rapporten beskriver ligeledes fremspirende teknikker.

Konsulentteamet

Konsulentteamet bag rapporten har været:

- Esa Salminen, Vahanen Environment Oy (Project Manager).
- Jan Holmegaard Hansen, COWI A/S.

Konsulenterne er assisteret af:

- Claus Werner Nielsen, COWI A/S.
- Paula Wuokko, Vahanen Environment Oy.

BAT Gruppen

BAT projektet har haft en følgegruppe, som har kommenteret projektets gennemførelse og rapporten. Medlemmerne af BAT Gruppen var:

- Halla Einarsdóttir, The Environment Agency of Iceland, Miljøstyrelsen, Island.
- Anne Katrine Arnesen, Miljødirektoratet, Norge.
- Kaj Forsius, Finlands miljöcentral.
- Lena Ziskason, Umhvørvisvidgeri, Umhvørvisstova, Færøernes Miljøstyrelse.
- Susanne Särs, Ålands miljö- och hälsoskyddsmyndighet.
- Birgitte Holm Christensen, Miljøstyrelsen, Danmark.
- Annika Månsson, Naturvårdsverket, Sverige.

Tak til værfterne og andre bidragsydere

Teamet af konsulenter takker skibsværfter, leverandører, organisationer og alle andre, som har bidraget til og kommenteret denne rapport. En speciel tak rettes til de værfter og leverandører, som har anvendt tid på at mødes og tale med konsulenterne samt har leveret værdifulde data og informationer til rapporten. Uden denne store opbakning havde rapporten ikke haft det resulterende indhold og kvalitet.

1. Skibsværftsaktiviteter i de nordiske lande og anvendte teknikker

1.1 Skibsværftsaktiviteter i de nordiske lande

Skibsbygning har en lang tradition og har tidligere været en stor industrisektor i alle nordiske lande. Gennem de sidste årtier har skibsværftssektoren ændret sig en del. Allerede for nogle årtier tilbage oplevede skibsværfterne en stigende global konkurrence og i dag foretages skibsbygning kun på et begrænset antal værfter. På den anden side udføres vedligeholdelse og reparationer på et stort antal mellemstore og små skibsværfter. Disse værfter spiller derfor en meget større miljømæssig rolle end værfter med skibsbygning, hvorfor hovedfokus i denne rapport er reparations- og vedligeholdelsesværfter.

Nordiske reparations- og vedligeholdelsesværfter møder fortsat konkurrence fra værfter i de baltiske lande og Polen. Priskonkurrencen er hård selv om også arbejdets kvalitet spiller en rolle.

I dette kapitel beskrives kort værftssektoren i de forskellige nordiske lande land for land.

1.1.1 *Finland*

I Finland spiller skibsbygning fortsat en vigtig rolle sammenlignet med de andre nordiske lande. Finske skibsværfter fremstiller mange specielle produkter, så som flydende dybhavs olieplatforme (Spar type) og offshore udstyr beregnet til vindkraft sektoren og mange typer af forsyningskibe så vel som cruise skibe af Oasis-klassen.

Finsk marine industri består af skibsværfter og et bredt netværk af virksomheder, så som tegnestuer, turn-key firmaer, materiale og system leverandører og offshore industri. Den årlige omsætning i denne sektor er omkring 5,4 milliarder EUR og der beskæftiges 20.000 ansatte. Mere end 90 % af produkterne eksporteres.

Meyer Turku, Arctech Helsinki and Uki Workboat i Uusikaupunki er eksempler på værfter med nybyggeri, mens Turku Reparationsværft i Naantali og Western Shipyard

i Teijo er eksempler på reparations- og vedligeholdelsesværfter. Suomenlinna reparationsværft er et af de ældste værfter i Europa, som har haft production siden 1750. Technip i Pori producerer forskellige typer af ny- og ombygninger.

Det nyeste værft er Rauma Marine Constructions, som er etableret i Rauma, og som ligeledes har en lang produktionshistorie.

Finske udstyrsleverandører har mange innovative produkter, så som miljøvenlig LNG fyrede motorer, avanceret udstyr med energieffektivitet samt Hi-Fog brandbeskyttelses- og slukningsudstyr med anvendelse af vandtåger. Blandt de mest kendte virksomheder kan nævnes ABB Finland, Aalborg Industries, Cargotec, Evac, Helkama Bica, Koja, Marioff, Metos og Wärtsilä.

Finske tegnestuer tilbyder en stor vifte af rådgivningsydelser, design, forskning og udviklingsservice samt software til design og drift af skibe.

1.1.2 Ålandsøerne

Ålandsøerne har 2 relativt små reparationsværfter i Möckelö Havn and Marienhamn.

1.1.3 Danmark

Danmark har historisk set haft en betydelig skibsbygningsindustri. Gennem 80'erne og 90'erne blev alle større skibsværfter lukket grundet den internationale konkurrence.

I dag findes 12 mellemstore skibsværfter og dokker, hvor der bygges et begrænset antal små og mellemstore skibe, offshore installationer samt specialskibe og ombygninger. Nogle værfter er opkøbt af andre, hvilket medvirker til at reducere det samlede antal skibsværfter.

Skibsværfter i Danmark er primært beskæftiget med reparation og vedligeholdelse.

Nogle skibsværfter arbejder tæt sammen med leverandørerne, og der er etableret samarbejdskluster i det nordlige Jylland.

De største miljøpåvirkninger fra værfter forekommer derfor fra reparations- og vedligeholdelsesværfterne.

1.1.4 Færøerne

I Færøerne findes et meget begrænset antal skibsværfter.

MEST Shipyard er et gammel værft grundlagt i 1904, som har en dok og 3 beddinger. MEST kan håndtere ombygning og reparationer på skibe op til 120 meter. Værftet har op til 200 ansatte.

Torshavnar Shipasmedjan PF er grundlagt i 1962 og har arbejdskajer på 2 x 80 meter samt 2 beddinger. Værfter beskæftiger 120–160 ansatte.

1.1.5 Norge

Norge har en langt tradition for at have et stort antal skibsværfter, der bygger forskellige typer af skibe. Antallet er dog reduceret betydelig i de sidste årtier. Antallet af reparations- og vedligeholdelsesværfter er i følge Norsk Industri, den maritime branche på i alt 70, mens 40 værfter fortsat har skibbygningssaktiviteter.

En stor del af de gamle skibsværfter er omdannet til offshore værfter. Skibsbygning og vedligeholdelses- og reparationsaktiviteter er koncentreret i regionerne Møre Romsdal og Nordland.

Norsk Industri (den maritime branche) har kategoriseret antallet af skibsværfter efter det årligt behandlede overfladeareal. 4 værfter har behandlet årlige arealer på mellem 30–40.000 m²/år og alle 4 værfter har tilsammen behandlet et areal på 140.000 m².

Tabel 2: Norske reparationsværfter

1.000 m ² /år	40–50	30–40	20–30	10–20	5–10	0–5	I alt
Gennemsnit, m ² /år	45	35	25	15	7,5	3,5	
Antal	1	4	5	10	20	32	72
Areal, 1.000 m ²	45	140	125	150	150	112	722

Antallet af flyde- og tørdokke i Norge er henholdsvis 17 og 15.

1.1.6 Island

Island har få reparations- og vedligeholdelsesværfter relevant for denne rapport. Det største værft er Slippurinn i Akureyri og Stálsmiðjan-Framtak i Reykjavík. Derudover findes skibsværftsrådgivere som Navas, som designer skibe produceret udenfor Island.

1.1.7 Sverige

Sverige har tidligere og som de andre nordiske lande ligeledes haft et stort antal skibsværfter, som i dag er begrænset. Der findes enkelte skibsværfter, der bygger nybygninger og omkring 20 reparationsværfter af forskellige størrelser langs med Sveriges kystlinje.

Den svenske skibsværftsforening (Swedish Shipyards Association) omfatter værfter med ca. 1.200 ansatte. Oresund Dryck Dock er en af de største reparationsværfter i de nordiske lande. Andre betydende reparationsværfter er Stockholm Reparationsværft og Falk Værft i Falkenberg.

1.2 Anvendte teknikker på værfterne

1.2.1 General introduktion og definitioner

Størrelse på værfterne

Størrelsen på skibe er en vigtig faktor til at bestemme, hvilke teknikker der er teknisk og økonomisk mulige. Der findes ikke en fastlagt definition på størrelsen af skibsværfter eller størrelse på de skibe, som værfter skal behandle. I praksis kan skibe beskrives ved deres længde, deres tonnage (brutto eller netto) eller det areal som skal behandles.

Ofte anvendes dog antallet af ansatte og omsætningen som en størrelsesparameter, jf. EU definitionen på små og mellemstore virksomheder. Der er derfor ikke en simpel definition til at klassificere værfterne.

Antallet af ansatte varierer meget og mange skibsværfter anvender en fast arbejdsstyrke suppleret med entreprenører udefra, som f.eks. malefirmaer, smede- og VVS-firmaer, m.v. Antallet af fastansatte på de største mellemstore nordiske værfter varierer typisk mellem 50 og 200.

Længden af skibe håndteret på nordiske værfter varierer fra få meter op til 200 m. Kapaciteten af et skibsværft (længde af dok og kaj) anvendes undertiden til at klassificere størrelsen af værfterne.

Mange af de større værfter har tørdokke op til 220 m (nogle få endda op til 300 m) og flydedokke på op til 200 m. Apteringskaje kan være op til 400 m lange.

Forskellige vejrbetingelser i Norden

Hovedparten af skibsværftsaktiviteterne på reparationsværfter finder sted udendørs. Derfor spiller vejrliget afgørende ind på arbejdet på skibsværfterne. Skibsværfter beliggende ved kysten har ofte høj luftfugtighed og kan have meget stærk vind.

I Danmark er koldeste måned februar, hvor gennemsnitstemperaturen ligger på 0 °C, mens temperaturen i Finland i januar måned i gennemsnit er -6 °C. På den anden side har Island en 60 % sandsynlighed for regn- eller snevejr i vinterperioden.

De mest anvendte faciliteter udendørs er bedding, tørdok og flydedok. Indendørs aktiviteter finder sted på værksteder, malerhaller og i nogle tilfælde også i dok udstyret med et permanent tag.

Et stigende antal små og mellemstore skibsværfter har lukkede dokker med tag og vægge. I Norge kaldes disse for skibsgarager ("Ship garage"). Sådanne indretninger reducerer emissionen af luftforureninger og støj samt forhindrer regnvand i at trænge ind i dokken, som tillige tillader arbejde uden vejrligets afhængighed.

1.2.2 Livscyklus for skibe

Skibsbygning

I dag bygges skibe fortrinsvis af skibsbygningsstål. Yachter er ligeledes konstrueret af stål, aluminium og armeret plastic (FRP).

Skibsbygningsindustrien omfatter ikke alene værfterne, men også underleverandører og udstyrsleverandører placeret udenfor, hvor dele bliver produceret på værksteder og transporteret til skibsværfterne for at blive samlet og installeret.

Et skibsbygningskluster indeholder ligeledes tegnestuer, rådgivningskontorer, system, component- og materialeleverandører. Tegnestuer har en væsentlig rolle i forhold til energiforbrug og drift af skibe. Denne rapport behandler imidlertid kun emner, som finder sted på skibsværfterne.

Der er en væsentlig forskel på værfterne og deres drift. Graden af eksterne leverancer af delkomponenter varierer meget. I Figur 1 vises de mest typiske aktiviteter på et skibsværft.

Skibsbygning starter med fremstilling af stålpladerne, der formes med skæreprocesser, bøjning, formgivning og svejsning. Samling af større enheder sker ved svejsning og efterfølgende overfaldebehandling såsom afrensning og maling. De samlede enheder flyttes til beddingen eller dok, hvor de sidste dele samles og hele skibet bygges færdigt. Sædvanligvis vil en del indledende processer finde sted indendørs i større haller og senere samlet enten indendørs eller udendørs.

Når skibsskroget er færdigt og tæt, bliver udrustningen installeret. Udrustningen (aptingen) omfatter rørføringer, kabler, møbler, energiforsyninger og motorer. Skibene testes inden levering.

Figur 1: Fotos af skibsbygning (billeder taget på Arctech Helsinki Skibsværft Oy og Meyer Turku Oy under et besøg)

Fabrikation af enheder indendørs

Indendørs malerhal

Færdigfremstillet enhed

Samling af enheder indendørs

Samling af enheder i udendørs tørdok

Aptering (udrustning)

Vedligeholdelse og reparation af skibe

Typiske vedligeholdelsesfrekvenser på skibe er 3 til 5 år. Skibe tages ud af drift for reparationer, hvor gammel maling, rust og marine aflejringer fjernes, inden der påføres ny maling med aktive antibegroningsmidler.

Den marine vegetation på skibsbunden er ud fra en økonomisk synsvinkel et særlig vigtigt emne. Den marine vegetation øger skibets friktion mod vandet med et stigende

energiforbrug til følge. I nogle tilfælde med op til 40 %. Behovet for at fjerne den marine vegetation kan være den eneste grund til at tage skibet i dok. Effektiv forebyggelse af opbygning af marin vegetation ved anvendelse af den rigtige bundmaling kan reducere behovet for at tage skibet i dok, hvilket vil spare brændstof og samtidig reducere miljøpåvirkningen.

Ombygning, reparation og vedligeholdelse af skibe omfatter omtrent de samme operationer som ved nybyggeri, såsom metalarbejde, overfladebehandling og maling. De potentielle miljøpåvirkninger vil dog være større end ved nybyggeri.

Vedligeholdelse og reparation af skibe foregår i tørdokke eller flydedokke. Beddinger og større malehaller kan anvendes til mindre skibe. Aktiviteterne foregår ofte uden dørs, men kan også foregå i tørdok med fast tag.

Ældre skibe indeholder potentielt flere miljøskadelige stoffer, som udgør en risiko for spredning til miljøet ved reparations- og vedligeholdelsesarbejder. Tømning af tanke og udstyr med olie og kemikalier udgør ligeledes en potential risiko.

Figur 2: Åben tørdok og flydedok til vedholdelse og reparation (billede fra Turku Reparationsværft)

Skibsophugning

Ophugning af skibe omfatter operationer såsom skæring af stål i mindre dele og sortering af materialer i forskellige fraktioner.

Byggematerialer og isoleringsmaterialer kan indeholde sundhedsskadelige og miljøfarlige stoffer, som f.eks. asbest, hvor der kræves særlige arbejdsforhold etableret.

I dag har skibsophugning kun en mindre betydning i de nordiske lande men det forekommer og flere skibsophuggere kommer til i de nordiske lande. Ophugning finder ligeledes sted ved reparations- og ombygningsarbejder.

Craddle to Craddle® pas for genanvendelse af materialer

Som et eksempel kan det nævnes, at Maersk Line har indført et nyt concept for skibsbygning og genanvendelse af materialer. Konceptet blev indført i 2014, da rederiet bestilte en ny serie kæmpestore Triple-E skibe fra de koreanske skibsværft DSME.

Konceptet kaldes Craddle to Craddle® pas, hvori et stort datasystem lagrer data for alle eller de fleste materialer fra ca. 75 leverandører, der anvendes til at bygge skibene, som f.eks. høj og lav kvalitetsstål, Cu-kabler, farlige materialer m.v. Konceptet er et registreret varemærke fra McDonough Braungart Design Chemistry, LLC.

Ved hjælp af et detaljeret sorteringssystem planlægges alle materialer genanvendt uden at der produceres større mængder af affald og at alle materialer holdes i et lukket materialekredsløb.

I øjeblikket vides det ikke om erfaringerne fra projektet vil blive offentliggjort og delt uden for kredsen i Sustainable Shipbuilding Initiative, som er et netværk af større spillere i værftsektoren eller erfaringerne holdes konfidentielt og udelukkende vil blive anvendt i kommerciel øjemed.

1.2.3 Aktiviteter på skibsværfter

Skibsværftsaktiviteter ved såvel nybyggeri som ved vedligeholdelse og reparationer kan generelt inddeles i metalbearbejdning, overfaldebehandling og udrustningsaktiviteter (aptering).

Figur 3: Skibsværftsaktiviteter

Metalbearbejdningsaktiviteter

- Skæring (termisk)
- Svejsning
- Slibning

Overfladebehandlingsaktiviteter

- Vandblæsning
- Sandblæsning
- Grundbelægning
- Maling

Udrustningsaktiviteter

- Rørarbejde
- Ventilation
- Elektrisk udstyr

Metalbearbejdning

Metalbearbejdning omfatter termisk skæring, svejsning og slibning, som er kilder til udledning af luftforureninger (støv, partikler og svejsegasser) samt støjudsendelse. Ved disse processer produceres forskellige fraktioner af affald, genanvendeligt metal, spildolie, maling og støv. Især ved skibsbygning produceres betydelige mængder metalaffald.

Nogle metalbearbejdningsaktiviteter finder sted indendørs, mens andre finder sted udendørs.

Figur 4: Eksempel på slibeaktivitet udendørs og om vinteren (billede fra Stálsmiðjan-Framtak i Reykjavík)

Figur 5: Lukket hal til reparation og vedligeholdelse af små skibe (billede fra Päijänteen Telakka Oy)

Overfladebehandlingsaktiviteter

Overfladebehandling finder sted grundet rustbeskyttelse, begrænsning af begroning af marine organismer og skibets udseende. Rustbeskyttelse er vigtig fra en strukturel og en livscyklus synsvinkel. Beskyttelse mod begroning (bakterier, alger og visse muslingetyper) med anvendelse af anti-begroningsmidler er meget vigtigt, især set fra et energiforbrugs synspunkt. Begroning kan forøge skibets energiforbrug med op til 40 %.

Før maling skal en overfalde overfladebehandles for at fjerne rust og gammel maling. Forskellige teknikker anvendes såvel udendørs som indendørs, såsom højt tryk eller ultra højt tryk (UHP) eller også anvendes tør blæsning med slibemidler, som sand, nikkelslagge etc. Traditionel sandblæsning anvendes ikke længere på grund af sundhedsrisikoen ved kvartsstøvet. Små partikler af krystallinsk kvarts kan forårsage risiko for udvikling af silikose. Metalslagge anvendes typisk som slibemiddel, når aktiviteten foregår indendørs og slaggen kan genanvendes.

Blæsning udsender støj, producerer spildevand, affald og støv. Ved tørblæsning produceres store mængder af slibestøv indeholdende tungmetaller og andre miljø- og sundhedsskadelige stoffer. UHP kan anvendes alene med vand som slibemiddel.

Figur 6: Traditionel tørblæsning i stor udendørs tørdok (billede fra Turku Reparationsværft)

Malearbejde finder normalt sted som våd spraymaling. Ruller og pensler kan anvendes til mindre skibe. Malearbejde udleder blandt andet organiske opløsningsmidler (VOC's) og støv.

Udledning af VOC'er kan blandt andet overvejes reduceret ved valget af malesystem, men i denne sammenhæng skal også begrænsningerne ved vandbaserede og opløsningsfattige malinger vurderes. Der kan også være vægtige økonomiske hensyn at tage med i vurderingen. VOC-emissioner kan generelt reduceres ved det optimale valg af malesystem, som ligeledes kan have indflydelse på opholdstiden i dokken.

Valget af malesystem og kvalitetssikringen af udført arbejde foretages ofte af rederiet eller malingleverandøren baseret på de krav, der stilles til rustbeskyttelse, fremtoning, anti-begroningsbehov og garantiudstedelse. Værfterne vælger kun i sjældne tilfælde malesystemerne, hvilket begrænser værfternes direkte indflydelse på udledningen af organiske opløsningsmidler.

Aptering

Udrustning af skibet foretaget ved kajanlæg, hvor også andre aktiviteter (svejsning, slibning, blæsning og maling) kan forekomme samtidigt.

2. Summarisk oversigt over lovgivningen

BREF Referencedokumentet for Overfladebehandling med anvendelse af organiske opløsningsmidler skal revideres i overensstemmelse med Industrielle Emissioner Direktivet (IED). Revisionen er allerede i gang. Det eksisterende BREF dokument er fra 2007.

Annex 1 til IE Direktivet indeholder: Overfladebehandling med anvendelse af organiske opløsningsmidler, især overfladebeskyttelse, affedtning, imprægnering, dimensionering, maling og rensning med et forbrug af organiske opløsningsmidler på mere end 150 kg per time eller mere end 200 tons per år.

Anden relevant EU lovgivning som regulerer skibsværfter er:

- Water Framework Directive 2006/60/EC, Vandrammedirektivet.
- Waste Framework Directive 2008/98/EC, Affaldsrammedirektivet.
- Regulation on the prohibition of organotin compounds on ships 2008/536/EC, Regulering der forbyder anvendelse af organotin forbindelser på skibe.

I EU kræves autorisation til at forhandle og sælge anti-begroningsmidler, jf. Biocidal Regulator 528/2012 (previously Biocidal Directive 98/8/EC). Autorisationen behøves inden for områder, hvor der er risiko for udsættelse for sundheds- og miljøfarlige stoffer. Produkter som indeholder kræftfremkaldende stoffer (kategorierne 1A og 1B), mutagener (kategorierne 1A og 1B), reproduktionsskadende stoffer (kategorierne 1A og 1B), skadelig indvirkning på de indre organer, bioakkumulerbare og giftige eller meget persistente og meget bio-akkumulerbare kan ikke få en autorisation. EU's kemikalieagentur koordinerer registreringen af biocidholdige produkter og udsteder autorisationer. Det kan ligeledes være nødvendigt med en national autorisation.

Den internationale maritime organisation har tiltrådt en ny international konvention om "Safe and Environmentally Sound Recycling of Ships" i Hong Kong, Kina i Maj 2009. IMO konventionen pålægger nye skibe krav fra vugge til grav. Det tilskynder rederier til kun at sælge deres udtjente skibe til genanvendelses virksomheder, som lever

op til de krav som IMO har stillet, hvilket er godkendt af flag staterne og myndighederne i skibsflyvningsskibstatene. Konventionen inkluderes løbende i EU og nationalstaternes lovgivninger.

2.1 Finland

IE Direktivet er implementeret i Finland som en del af den fornyede Miljøbeskyttelseslov (527/2014) og Bekendtgørelse (713/2014). I følge Bekendtgørelsen (713/2014) udsteder den regionale miljøadministration (regionförvaltningsverket) i Finland licens til skibsværfter. Overfladebehandling med anvendelse af organiske opløsningsmidler med mere end 10 tons per år udløser krav om en miljøgodkendelse.

Närings-, trafik- och miljöcentralen (NTM-centralen) overvåger overholdelse af miljø- og vandgodkendelserne udstedt af regionförvaltningsverket. I princippet skal skibsværfter i alle størrelser have en miljøgodkendelse, hvor NTM-centralen på baggrund af en specifik miljørisikovurdering vurderer, hvorvidt en specifik aktivitet behøver en miljøgodkendelse eller ej.

I lovgivningen findes ingen specifikke miljøkrav til skibsværfter.

2.2 Ålandsøerne

Ålandsøerne har egne regionale love inden for et antal vigtige områder baseret på landets autonome status. Udstedelse af miljøgodkendelser for industrielle aktiviteter er beskrevet i "Provincial law on environmental protection" (ÅFS 2008:124, ændrad ÅFS 2015:14) og Bekendtgørelse (ÅFS 2008:130, ændrad ÅFS 2015:15), hvor det er specificeret, at en miljøvurdering er nødvendig for skibsværfter beregnet til skibe, som er længere end 12 meter eller hvor organiske opløsningsmidler anvendes i mængder større end 10 tons per år. Større skibsværfter med anvendelse af organiske opløsningsmidler skal have en miljøgodkendelse. Godkendelsesmyndigheden er "The environmental and health protection agency of Åland" (ÅMHM).

2.3 Danmark

Udendørs overfladebehandlingsaktiviteter på skibsværfter er omfattet af "Bekendtgørelse om overfladebehandling af skibe", BEK no. 1188 fra december 2011 og efter BEK no. 1491 from 07/12/2015 om VOC'er, inklusiv et krav om at indføre et program til reduktion af emissionerne fra anvendelse af maling indeholdende VOC'er. Bekendtgørelsen er en tæt transskription af IE-Direktivet. Betingelserne givet i de 2 Bekendtgørelser omtalt ovenfor danner basis for miljøgodkendelsen.

Skibsværfter kan på den anden side blive undtaget fra emissionsgrænseværdierne i VOC-Bekendtgørelsen, hvis væsentlige tekniske eller økonomiske grunde forhindrer dette eller skibsværftet kan dokumentere at BAT anvendes.

Alle overfaldebehandlingsaktiviteter ved havet eller udendørs på skibsværfter eller på dokarealer er ifølge Bekendtgørelse nr. 1188 ikke tilladt. Overfladeaktiviteter på skibe i en dok, på en bedding eller indenfor et område på værftet skal håndteres med de mest effektive forebyggende foranstaltninger, inklusiv anvendelse af nødvendig indkapsling for at begrænse betydende emissioner.

Før skibe forlader en dok eller bedding skal alle materialer, som kan forurene havet, ifølge Bekendtgørelse nr. 1188 fjernes, inklusiv slibemidler, fjernet maling, olie m.v.

En ny Bekendtgørelse om miljøgodkendelser af virksomheder, BEK no. 514 from 27/05/2016 som for nylig er trådt i kraft er en del af miljøgodkendelsessystemet med anvendelse af digitale ansøgninger.

Skibsværfter er omfattet af miljøgodkendelser under A204 aktiviteter (stålskibsværfter og flydedokker) som omtalt i BEK. No. 514 fra 27/05/2016. Større skibsværfter falder ind under IE-Direktivets regler. Miljøgodkendelsesmyndigheden er Kommunalbestyrelsen.

Nye skibsværfter eller skibsværfter som ønsker at udvide produktionen betydeligt skal søge om miljøgodkendelse fra godkendelsesmyndigheden før produktionen opstartes.

Hvis et skibsværft har større områder med maskinværksteder, så er aktiviteterne dækket af generelle miljøregler og ikke af en miljøgodkendelse.

Udledning af spildevand og overfladevand fra området er omfattet af en spildevands udledningstilladelse, som gælder for udledning til offentligt kloaksystem eller direkte i havet. Udledning indebærer anvendelse af for-rensnings aktiviteter, såsom sandfilter og olie separator. Rent overfladevand eller tagvand kan tillades udledt til havet med minimal for-rensning.

Skibsværftet skal monitere og dokumentere overholdelse som det beskrives i tilladelsen. Hvis emissions grænseværdierne ikke er overholdt, så kan det kræves at spildevandet/overfladevandet for-renses yderligere.

Skibsværfter, som har maskinværksteder og indendørs overflade aktiviteter på mere end 1.000 m² er reguleret af en nye sektor Bekendtgørelse, BEK no. 1434 fra 21/12/2015. Bekendtgørelsen omfatter maskinværksteder som håndterer jern, stål og andre metaller med anvendelse af slibning, svejsning, skæring, blæsning og maleprocesser.

Maskinværksteder skal ikke længere søge om en miljøgodkendelse for deres aktiviteter, men kan nøjes med at overholde nogle generelle miljøregler i stedet for. De generelle regler omfatter luftemissioner fra en række processer, inklusiv emissionsgrænseværdier, imissionsgrænseværdier og regler om minimal afkasthøjder. Nye skibsværfter eller værfter som ønsker at udvide produktionen skal blot meddele miljømyndigheden, at virksomheden vil overholde de generelle miljøregler beskrevet i sektor Bekendtgørelsen. Virksomheder kan starte produktionen, hvis miljømyndigheden ikke har fremført indvendinger inden for en periode på 4 uger. Indsigelser kan resultere i at yderligere betingelser skal overholdes.

Miljømyndigheden vil inden for en periode på 3 måneder gennemføre en opstartsinspektion af nye skibsværfter for at vurdere om virksomheden overholder miljøkravene som beskrevet i virksomhedens anmeldelse.

Maskinværksteder kan ansøge om en undtagelse for at overholde de generelle miljøregler.

Eksempler på emissionsgrænseværdier for maskinværksteder ses af Tabel 3.

Tabel 3: Danske emissions grænseværdier for maskinværksteder

Processer med kølesmøremidler	
Olie aerosoler, vegetabilsk	5 mg/Nm ³
Olie aerosoler, mineralsk	1 mg/Nm ³
Udsugnings rensningseffektivitet (*)	99 %
Slibeprocesser (støv)	5 mg/Nm ³
Pulvermaling (støv)	5 mg/Nm ³
Våd maling	
Zink støv	5 mg/Nm ³
Epoxy støv	5 mg/Nm ³
Total støv	10 mg/Nm ³
Fortynder (VOC)	300 mg/Nm ³
Partikelfilter effektivitet for malerkabiner	90 %

Note: *) Hvis udsugningsluftens filtreringseffektivitet overholder reglen, så behøver maskinværkstedet ikke at dokumentere overholdelse af de andre parametre.

2.4 Norge

IE-Direktivet er implementeret i Norge med Miljøbeskyttelsesloven. Overfladebehandling med organiske opløsningsmidler med et forbrug større end 150 kg per time eller 200 tons per år udløser krav om en miljøgodkendelse. Godkendelsesmyndigheden er Miljødirektoratet.

Emissioner fra skibsværfter, som ikke er omfattet af IE-direktivet, er reguleret af "forurensningsforskriftens" kapitel 29.

Reguleringen indeholder emissionsstandards for luftforureninger og støj for mekaniske overfladebehandling og vedligeholdelsesaktiviteter af metalkonstruktioner, såsom skibe. Miljømyndigheden er i følge kapitel 29 "The Country Governor".

Emissioner af prioriterede stoffer skal begrænses mest muligt og kun udledes, hvis der kun er en ubetydelig miljøpåvirkning heraf. Lignende regulering findes for emissionen af VOC'er ("forurensningsforskriftens" kapitel 9).

På den anden side accepterer reguleringen en undtagelse, hvis anvendelse af lukkede arbejdssteder ikke er muligt, f.eks. på skibsværfter. En konsekvens er, at emissionsstandards for fugitive emissioner ikke gælder ("forurensningsforskriftens" kapitel 9).

Miljødirektoratet har i sin vejledende regulering af miljøpåvirkningen fra skibsværfter (Veileder M-487, 2016) givet vejledende emissionsgrænseværdier for spildevand. Den vejledende emissionsgrænseværdi for nogle prioriterede stoffer er inddelt i to grupper efter aktivitetsniveauet på skibsværfter: installationens alder og etableringsår og behandling af ældre skibe med et potentiale indhold af TBT. Fjernnet maling med TBT skal håndteres og bortskaffes efter reguleringens anvisninger.

Gruppe 1 dækker skibsværfter, som har overfaldebehandlingsaktiviteter, som overstiger 10.000 m² og som er etableret efter den nye regel trådte i kraft. De vejledende emissionsgrænseværdier er angivet i mg/m² våd overflade behandlet og som en koncentration i mg/l i blæsningsvand baseret på anvendelse af 12 l/m² våd overflade behandlet. Olie er givet udelukkende som en koncentration i blæsningsvandet.

Tabel 4: Vejledende spildevands maksimale udledningsværdier for gruppe 1 skibsværfter i Norge

Stoffer	mg/m ² våd overflade	mg/l blæsningsvand
As, Pb, Cr	2,4	0,2
Cd, TBT	0,24	0,02
Cu	36	3
Hg	0,06	0,005
Olie		50

Emissionsgrænseværdierne for gruppe 1 betyder i praksis ifølge vejledningen, at spildevandet skal opsamles og renses.

Gruppe 2 omfatter skibsværfter, som foretager overfladebehandling på mindre end 10.000 m² og som er etableret før de nye regler trådte i kraft. De vejledende grænseværdier er oplyste som totale maksimale emissioner per år.

Tabel 5: Vejledende maksimale spildevandsudledningsværdier for gruppe 2 skibsværfter i Norge

Stoffer	Årlige max. emissioner, g	Koncentration, mg/l
As, Pb, Cr	50	-
Cd	10	-
Cu	2.000	-
Hg	5	-
Olie	-	50

Skibsværfter tilhørende gruppe 2 er tilladt at udlede blæsningsvand uden rensning, hvis skibsværftet kan dokumentere, at de er i stand til at fjerne 80–90 % af den fjernede maling og at de ikke overskrider de vejledende emissionsgrænseværdier for de listede stoffer.

2.5 Sverige

I Sverige er miljøgodkendelse af industrielle aktiviteter beskrevet "The Swedish Environmental Code" og baseret på en sag-til-sag vurdering af de miljørisikobetonede aktiviteter og de lokale forhold. Miljøgodkendelser af store og mellemstore aktiviteter finder sted hos den regionale miljømyndighed, som ligeledes administrerer større industrielle installationer og aktiviteter.

De kommunale "Health and environmental committee" administrerer mindre industrielle installationer, inklusiv mindre skibsværfter.

2.6 Island

Miljøreguleringen for industrielle miljøgodkendelser er baseret på "Directive 96/61/EC", men IE-Direktiver endnu ikke er implementeret på Island. Alle skibsværfter i Island som anvender mindre end 150 kg organiske opløsningsmidler per time eller 200 tons per år er ikke omfattet af IE-Direktivet. Miljøgodkendelser for mindre skibsværfter udstedets og føres tilsyn med af de lokale sundheds- og miljømyndigheder.

2.7 Færøerne

Færøerne har egne love inden for et antal vigtige områder baseret på landet autonome status. Miljølovgivningen for industrielle installationer er beskrevet i Miljøbeskyttelsesloven fra 1988. Skibsværfter er omfattet af et annex til loven med industrier, som skal have en miljøgodkendelse. Det er Færøernes Miljøstyrelse som godkender virksomhederne.

3. Miljøpåvirkninger fra værfter og centrale miljøindikatorer

Miljøpåvirkningerne fra skibsværfter i de nordiske lande er meget forskellige. Især er der stor forskel på nybyggeri og reparations- og vedligeholdelsesaktiviteter. Der er flere grunde hertil:

- Skibsværfter har meget forskellige faciliteter og størrelser, såsom dokker, flydedokker og beddinger, hvilket giver forskellige muligheder for at begrænse emissionerne. Nogle skibsværfter er ældre og har derfor ikke udstyr med de samme muligheder for at begrænse emissioner som nye værfter (f.eks. barrierer og spildevandsfaciliteter). Moderne udstyr kan være besværligt eller dyrt at installere på ældre værfter.
- Skibenes størrelser er forskellige.
- De nordiske lande har meget forskellige klimatiske betingelser (temperatur, tidevand, snevej m.v.).
- Værfternes placeringer (nogle værfter ligger i byer og tæt på beboelse eller ligger i naturbeskyttelsesområder).

De centrale miljøpåvirkninger behandlet i denne rapport er i ikke-prioriteret rækkefølge:

- Luft emissioner (støv og VOC).
- Støj emission.
- Emissioner fra spildevand og overfladevand (sundhedsskadelige stoffer som tungmetaller og olie).
- Affaldsfraktioner (stål i skibsbygning, slibemidler med sundhedsskadelige stoffer for vedligeholdelse og reparationer).
- Kemikalier (maling og anti-begroningsmidler).
- Forureninger ledt til jord, grundvand og hav- og søvand og sedimenter.
- Energieffektivitet og miljøvenligt design.

I næste kapitel beskrives BAT for skibsværfter for hver af disse centrale miljøpåvirkninger.

3.1 Emissioner til luft

3.1.1 Partikler og støv

Partikel og støvdudledninger fra blæserensning og malearbejde afhænger af den anvendte teknologi, anvendelsesmåder og de økonomiske muligheder, hvilket kan variere en del.

Vådblæsning, så som UHP blæsning, spreder meget mindre støv end tørblæsning.

Ved udendørs aktiviteter er risikoen for spredning af forureninger størst ved vindbelastede værfter. Partikler fra blæsning og malearbejde kan i værste fald spredes over store afstande og op til flere kilometer. Placering og udformning af dokken kan modvirke vindpåvirkningen. Delvis indkapsling af arbejdsområder med gardiner og teltlignende indretninger anvendes til at modvirke spredning af partikulære luftforureninger, men er samtidig forbundet med ekstra omkostninger. Delvis indkapsling eliminerer ikke al emission af partikler.

Lukkede haller er en anden mulighed for at begrænse partikelspredningen ved nybyggerier, men ses ligeledes anvendt i stigende omfang på små og mellemstore værfter. Omvendt vil partikler og røg kunne udgøre et arbejdsmiljøproblem, hvis ikke det emne specifikt adresseres.

Luftforureninger fra transport og trafik er ikke specifikt omtalt i rapporten, men materiale transporter ind og ud fra værfter kan optimeres ved batch leverancer, som sparer både penge og reducerer miljøpåvirkningerne.

3.1.2 Organiske opløsningsmidler (VOC)

Malearbejde er en væsentlig kilde til diffus spredning af organiske opløsningsmidler, der spredes fra malearbejde, motorreparationer m.v.

Traditionel maling har typisk et opløsningsmiddelindhold på 50 %, men der findes malinger med lavere indhold, typisk 30 % eller mindre (opløsningsfattige malinger), som efterhånden er vidt udbredt i de nordiske lande. Vandbaserede malinger helt uden flygtige organiske opløsningsmidler forekommer ligeledes, men anvendelsen er begrænset og priserne højere. Vandbaserede malinger anvendes til indendørs formål eller til præfabrikerede dele ved nybyggeri, men de anvendes sjældent på reparationsværfter.

Malingers anvendelsesområder afhænger af en række forhold. Anvendte skibsruter kan afgrænse valget af anti-begroningsmidler og maling. Nogle malinger kan anvendes af isbrydere, mens andre ikke kan. Fastlæggelse af kvalitetskrav og valget af skibsmalinger besluttet af rederierne, malevareleverandørerne og i sjældnere tilfælde af værfterne ud fra forskellige hensyn. En del malesystemer kan ikke anvendes i de nordiske lande på grund af isforekomster, hvilket f.eks. gælder for silikone maling. Omvendt findes der reparationsværfter, som ikke anvender anti-begroningsmidler.

De givne vejrforhold under malearbejdet vil også spille ind på valget af malinger. Malinger behøver forskellige minimumstemperaturer for at hærdne. Opløsningsmiddel-frie eller vandbaserede malinger kræver højere temperaturer for at virke optimalt (mere end 10 °C), mens traditionelle malinger med organiske opløsningsmidler kan anvendes ned til -10 °C. I lukkede miljøer kan temperaturen hæves ved opvarmning af haller og værksteder, hvilket på den anden side øger omkostningerne og miljøpåvirkningen. Luftfugtigheden spiller også en rolle for valget af malinger.

Økonomi er en vigtig faktor ved valget af malinger. Det er ikke alene kvadratmeter priserne som tæller, men også hvor mange lag der kræves og hvilke lagtykkelse. Kvaliteten af tidligere malerarbejde kan ligeledes have indflydelse på forbruget af ny maling.

Levetiden af malingsystemer og tiden til næste dokophold vil sammen med brændstofforbruget være væsentlige parametre at vurdere. Sparet maling er lig med reduceret emission af komponenter i malingerne.

I mange miljøgodkendelser af skibsværfter er der fastsat specifikke emissionsgrænseværdier for organiske opløsningsmidler og/eller der er stillet krav til udarbejdelse af en handlingsplan for udfasning af opløsningsmidlerne. I forbindelse med reduktion af emissionen af opløsningsmidler er der flere udfordringer for værfterne:

- Begrænsninger i anvendelse af maling med lavt eller intet indhold af opløsningsmidler og deres priser.
- Valget af kvalitetskriterier og malingsystemer foretages ofte af andre end værfterne.
- Det kan være vanskeligt at kontrollere og dokumentere emissionerne.
- Begrænsninger i den samlede tilladte mængde kan begrænse antallet af reparationer et værft kan klare.
- Forskelligheder i antal og type af skibe til behandling. Ved bygning af nye skibe er der på færger et meget større indendørs areal sammenlignet med en isbryder.

3.2 Støj- og lysforurening

Støj dannes ved forskellige operationer, maskineri, slibe-, save, skære- og blæseprocesser, fra kompressorer, transportere, kraner, ventilationsanlæg såvel som fra test af alarmer. Støjdæmpning er en metode til at reducere støjuddannelsen indendørs, mens det udendørs er en større udfordring. Forskelligt udstyr, f.eks. UHP udstyr, findes dog i udførelser med reduceret støjuddannelse.

Støjgrænserne svarer i almindelighed til støjgrænserne fra industrivirksomheder. Typisk støjgrænse for dagtimerne er 55 dB fra kl. 7:00–22:00 for nattimerne er det 50 dB fra kl. 22:00–7:00.

Støjgrænser er fastsat forskelligt i de nordiske lande. Mulighederne for at begrænse støj er diskuteret i publikationen: "Best Available Technique: Buller från berg-täkter" (2013).

Nogle skibsværfter ligger meget tæt på beboelser og har derfor store udfordringer med faste støjgrænser.

Lysforurening er ofte et problem for værfter med flere skift og som er placeret i byområder.

Derudover er der arbejdsmiljøreglerne, som værfterne skal overholde.

3.3 Spildevands- og overfladevandemissioner

Der er mange forskellige kilder til udledning af spildevand fra værfterne. Der er spildevand fra anvendelse af vådbehandlingsmetoder, tømning af tanke, andre rengøringsopgaver m.v. Forureningerne spænder over olie, fedt, slam, slibe- og blæsestøv, indholdsstoffer i maling og anti-begroningsmidler m.v.

Hovedparten af dokker har ikke mulighed for at kontrollere spildevand og overfladevand fra dokbunde, idet de er åbne og nogle har såkaldte brønde direkte forbundet med havet. Konsekvensen bliver at sundhedsfarlige stoffer og materialer bliver udledt til havet eller jorden. Moderne værfter har dokker og beddinger, som opsamler spildevandet til behandling.

Anvendt blæsemiddel, støv og andre affaldsfraktioner skal indsamles, men på ældre værfter er dette ikke altid muligt på effektiv vis.

I almindelighed er det en stor udfordring i de nordiske lande at minimere udledningen af spildevand fra dokker. Den bedste måde at begrænse spildevandsmængden er helt eller delvist at forhindre regnvand i at trænge ind i dokkerne, når der overfladebehandles.

Figur 7: Tørdok med faciliteter til at opsamle blæsemiddel, støv og affaldsfraktioner (billede fra Turku Reparationsværft)

Figur 8: Traditionel bedding

3.4 Kemikalier

Overfladebehandling af skibsbunde og -sider vil frigive forureninger, såsom maling og biocider, som indeholder sundhedsfarlige stoffer som tungmetaller. TBT har været anvendt som biocid indtil 1990, men små mængder af stoffet kan stadig findes på skibsbunde. Nyere skibe anvender kobberforbindelser, såsom Cu_2O and CuSCN .

Virksomheder og universiteter arbejder intenst på at finde mere miljøvenlige alternativer med de samme tekniske egenskaber og uden at få ødelagt økonomien. Silikone teknologien har været testet i nogle år som et alternativ til de biocid-baserede anti-begroningsmidler. Når strammere lovgivning implementeres for brugen af biocid-baserede midler forventes det, at udbredelsen af silikone vil stige og at den teknologiske udvikling gør denne typer midler mere attraktive.

Der har ligeledes været forsket i alternativer baseret på kobber-nanopartikler og bionedbrydelige polymerer samt forskellige andre materialer. Disse materialer er terpenoler, steroider, karotenoler, phenol furanoler, alkaloider, peptider og laktoner ekstraheret fra marine organismer, som har anti-begroende egenskaber.

Forskningen og udviklingen tilstræber at udvikle alternativer, som er frie for opløsningsmidler eller kun indeholder en begrænset mængde.

På moderne værfter opbevares kemikalier på sikrede områder, hvilket ikke altid sker lige så effektivt på ældre værfter.

Figur 9: Opbevaring af maling på et reparationsværft

3.5 Affald

De vigtigste affaldsfraktioner på skibsværfter er metalskrot, anvendt blæsemiddel, olieholdig affald, malingrester og opløsningsmidler. Kildesortering af de forskellige fraktioner er nødvendig for effektiv og økonomiske optimal genanvendelse af affaldsfraktioner.

Ved skibsbygning produceres store mængder metalskrot, mens der ved blæsning i lukkede systemer sker en genanvendelse af blæsemidlet.

På reparationsværfter produceres store mængder affalds blæsemiddel forurenet med gammel maling og marin begroning, som ikke kan genanvendes. Forbruget af blæsemiddel kan være 20–200 kg/m² (gennemsnit 40–50 kg/m²). Mængden af fjernet maling kan være 0,5 kg/m². Indsamling af disse affaldsfraktioner med tørre metoder er nødvendige for at forhindre spredning via spildevandet (overflade-/regnvand). Derfor kan udgifter til affaldshåndtering blive en betydelig omkostning på skibsværfter (flere

hundrede EUR per ton), især hvis affaldet skal deponeres. Effektiv sortering og håndtering vil kunne reducere omkostningerne.

Mulighederne for at genanvende affaldsfraktionerne afhænger af dets egenskaber. En typisk sammensætning af en blanding af maling- og blæsemiddelaffald er analyseret på Alfons Håkans Oy Ab ved Suomenlinna. Resultaterne er vist i Tabel 6.

Tabel 6: Sammensætningen af en blanding af maling- og blæsemiddelaffald (Reference: Peled 2013)

Stof	mg/kg
As	18
Cd	0,5
Cr	92
Co	34
Cu	690
Ni	51
Pb	380
An	<10
V	20
Zn	860
Hg	0,4
PAH	32
PCB	0,13
Olie (kulbrinter)	960
TVOC	59

Affald produceret ved anvendelse af UHP blæsning indeholder kun fjernet maling, rust og små mængder spildevand. Koncentrationerne af sundhedsfarlige stoffer kan være højere, men mængderne der skal håndteres er betydeligt mindre.

Ved reparationer, hvor gammelt udstyr og materiel skal fjernes, er det vigtig at være opmærksom på indholdet af potentielt sundhedsfarlige stoffer, såsom asbest.

3.6 Forurening af jord, grundvand, hav, sø og sediment

Historisk set har skibsværfter været ansvarlig for flere tilfælde af jord- og vandforureninger, især med udledning af urensset spildevand til havne og havet.

Mulige udslip af sundhedsfarlige stoffer til jord og hav sker, når de nødvendige begrænsende foranstaltninger ikke er til stede. Alle spildestrømme skal opsamles og håndteres forsvarligt. Passende opsamlingsfaciliteter og andet sikkerhedsudstyr til håndtering af uforudsete hændelser skal være installeret.

Sedimentanalyser fra Helsinki området fra området omkring et tidligere og et nuværende skibsværft har vist analyseresultater som vist i Tabel 7.

Tabel 7: Analyseresultater fra sediment fra områder ved nuværende og tidligere skibsværfter i Helsinki (reference: miljøgodkendelse for Suomenlinna Reparationsværft) (normaliserede koncentrationer)

mg/kg tørstof	Hg	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	TBT ^{a)}
Punkt 1 (0–5 cm)	0,39	8	0,4	43	51	20	82	108	200
Punkt 2 (0–5 cm)	0,49	8	0,5	55	59	22	108	156	150
Punkt 3 (0–5 cm)	1,49	11	0,8	56	133	24	280	228	186
Punkt 1 (5–10 cm)	0,47	7	0,3	41	32	18	73	119	24
Punkt 2 (5–10 cm)	0,64	8	0,5	54	56	22	98	142	140
Punkt 3 (5–10 cm)	1,82	12	1,1	51	118	24	383	258	107
Niveau 2	1	70	2,5	270	90	60	200	500	150

Note: For TBT µg/kg tørstof. Opgravet sediment med koncentrationer over niveau 2 må ikke deponeres i Finland. For koncentrationer under dette niveau vurderes hver sag særskilt (Miljøministeriet, Finland, 2015).

3.7 Energieffektivitet og miljødesign

Energieffektivitet og miljødesign er især vigtige emner for nye skibsværfter og nye skibe. Brændselsomkostninger repræsenterer en betydelig omkostning for skibenes drift, som kan reduceres ved hyppige bundbehandlinger. Begroninger kan øge energiforbruget med op til 40 %. Samtidig kan anvendelse af effektive anti-begroningsmidler reducere frekvensen for, hvor ofte skibet skal i dok.

Det skal bemærkes at malinger med lavt indhold af opløsningsmidler stiller krav til en minimumstemperatur. For at sådanne forhold kan opnås om vinteren kan det være nødvendigt med opvarmning i og omkring arbejdsområdet.

Såvel energiomkostninger som regulering af forbruget af opløsningsmidler er drivkræfter for udvikling af mere energieffektive drifts- og vedligeholdelsesmetoder for såvel nye som gamle skibe. Design og materialevalg vil påvirke miljøpåvirkningen f.eks. ved behandling af skibes bund og sider samt ved vedligeholdelsen.

Forskningen er intens på området. Blandt lovende resultater kan nævnes følgende forhold:

- Udvikling af miljøvenlig design af skibsbunde som vil reducere friktionen i vandet og som optimerer anti-begroningsmidlernes effekt.
- Udvikling af nye laminar skibsbunds koncepter der reducerer friktionen og avanceret skibsskrog design for lavt vand.
- Letvægts- og højstyrke kompositmaterialer.

- Optimering af forbrændingsteknologien for skibsmotorer (injektionstid, kompressionsrate, brændsels spray geometri m.v.); alternative brændsler (LNG, metanol, etanol, DME, biodiesel og biogas); fornyelige brændsler (vind, tidevand og sol); brændselsceller på brint og på længere sigt brændselsblandinger med LNG, batterier og brint.
- Forbedret skibsdesign som vil minimere emissionerne. Nye dokker og beddinger som tillader opsamling og behandling af spildevand.

4. BAT på skibsværfter

BAT på skibsværfter beskrives generelt i dette kapitel. Specifikke BAT kandidater, som er udvalgt og prioriteret, som de mest relevante med henblik på at reducere miljøpåvirkningen er beskrevet mere detaljeret i næste kapitel.

Miljøpåvirkningerne fra skibsværfter samt mulighederne for at begrænse påvirkningen er af flere grunde meget afhængig af specifikke og lokale forhold. De centrale miljøpåvirkninger og årsagerne hertil blev diskuteret i det forrige kapitel.

4.1 BAT for miljøledelse, inklusiv monitoring og rapportering

- Ansatte skal forstå vigtigheden af nødvendige og korrekte rutiner f.eks. til håndtering af kemikalier og spildevand, således at der arbejdes i overensstemmelse hermed. Målet nås ved sikring af topledelsens opbakning og regelmæssig træning.
- Der skal have et system til monitoring og beregning af emissioner samt hvorledes de skal rapporteres.
- Der skal findes et system, som kan måle og beregne emissionerne samt rapportere emissionerne i en logbog.
- Mulig historik skal tages i betragtning allerede ved planlægning af gravearbejde og udvindingsarbejder samt ved nedlukning af aktiviteterne på land og havet. Analyser af jord og sedimenter skal planlægges og gennemføres før arbejdet startes. Afværgeforanstaltninger skal planlægges og beskrives.

4.2 BAT for kontrol af luftforureningen

- Tørblæsnings aktiviteter skal begrænses ved indkapsling, hvis muligt. Tørblæsning skal ske enten indendørs i en hal og telt, ellers kan plastik afskærmninger anvendes udendørs. Den største risiko for spredning opstår på særligt vindblæste dage og arbejdet bør overvejes indstillet ved kraftig blæst.

- Støv- og røgdudvikling i en hal skal opsamles og behandles, f. eks. med en cyklon eller et filter.
- Støvemissionen kan reduceres ved erstatning af tørblesning med vådblæsning (UHP). Vådblæsning fungerer ikke optimalt ved meget lave temperaturer.
- Substitution af opløsningsmiddelholdige malinge med malinge uden opløsningsmidler eller med lavt indhold af opløsningsmidler, hvis muligt. Ellers anvendes alternative løsninger uden kemikalier. Vanskeligheder og barrierer kan besværliggøre substitutionen, men tværgående miljøvurderinger kan fremme valget. Korrekte valg kan ligeledes reducere dok frekvensen.
- Skibsværfters muligheder for at vælge malingstyper og kvalitetskrav til overflader er begrænset, idet valget normalt foretages af rederier og malingsleverandører.

4.3 BAT for støjemissioner

- Støjudbredelsen kan begrænses, hvis der arbejdes under dok kanten.
- Anvendelse af støjskærme kan begrænse støjudbredelsen.
- Støjmålinger og opsporing af betydende støjkloder og følsomme recipienter kan fremme arbejdet med at finde de bedste støjdæmpende foranstaltninger. Indkapsling er en effektiv metode til støjdæmpning (anvendes bedst på nye værfter eller ved planlægning af ændringer).
- Efterlev arbejdsmiljøkravene til arbejdsmiljøet. Det vil også virke befordrende på støjemissionen til det ydre miljø.

4.4 BAT for kontrol af spildevands- og overfladevandsudledninger

- Opsaml malingrester og frigjort begroning før dokken tilføres vand.
- Fjern løbende forureninger og sundhedsfarlige stoffer fra dokken, specielt hvis der er risiko for regn eller der forekommer særligt blæsende vejr.
- Sørg for at overfladerne (lige og uskadede) gør det muligt at fjerne blæsemidler, fjernet maling og begroning, olier m.v. inden forureninger spredes.
- Forbered metoder til indsamling og miljøvenlig håndtering af blæsemidler, fjernet maling og begroning, olier m.v. og udvikl procedurer for hvordan de kan fjernes.
- Etabler barrierer mod direkte udledning af spildevand og overfladevand til havnemiljø eller havet.

- Etabler indsamlings- og behandlingsprocedurer for spildevand og regnvand fra områder der indeholde forurenende stoffer og materialer. Kun rent regnvand bør ledes direkte ud i recipienten. Anvend f.eks. sedimentering og buffertanke til at fjerne så mange forureninger som muligt.
- Anvend som minimum sandfilter og olieseparator.
- Kombinere sedimentationstanke, olieseparator, sand- og kulfiltre, hvis det er nødvendigt at overholde gældende udledningsværdier. Dyre løsninger vil være en stor barriere for nogle værfter, især ældre og mindre værfter.

4.5 BAT for håndtering af kemikalier og substitution

- Kontroller og sørg for optimal udnyttelse af kemikalier.
- Substituer sundhedsfarlige stoffer og materialer med mindre farlige.
- Anvend de sikkerhedsforanstaltninger der er nævnt i leverandørens brugsanvisninger. Anvend f.eks. de personlige værnemidler der anbefales deri.

4.6 BAT for affaldshåndtering og minimering af affaldsdannelsen

- Genanvend blæsemidler hvis det er muligt.
- Hold affaldsfraktioner adskilte og bland dem aldrig.
- Genanvend og recirkuler affaldsfraktioner når det er muligt.
- Affald må kun håndteres af firmaer med godkendelse hertil.
- Anvend særligt indrettede pladser med overdækning til opbevaring af affald for at forhindre spredning til miljøet.
- Mærk containere med etiketter.
- Særlige krav findes til opbevaring af sundhedsfarligt affald, f.eks. med indhold af tungmetaller, opløsningsmidler m.v.

4.7 BAT for reduktion af ulykkesrisiko og uheld

- Der skal altid anvendes de nødvendige sikkerhedsforanstaltninger og de ansvarlige skal være uddannede til opgaven.
- Opsamlingsump skal etableres under tanke og beholdere med sundhedsfarlige stoffer og materialer, således at læk ikke foranlediger spredning til miljøet (f.eks. en ventil til aflukning af spildevandsudledning i tilfælde af uheld).
- Tilstrækkeligt materiel til opsamling og håndtering af spild skal forefindes, hvor særligt farlige stoffer og materialer opbevares.
- Udstyr og installationer til sikring mod spredning af farlige stoffer til miljøet skal regelmæssigt kontrolleres og vedligeholdes.
- Der skal forefindes brandslukningsudstyr og en beredskabsplan.
- Brandforskrifter og regler for opbevaring af kemikalier skal følges. Eksplosionssikringer skal være til stede, hvis nødvendigt.

4.8 BAT for design og konstruktion

- Vurderer hele skibets livscyklus, dets energiforbrug, materialernes genanvendelighed allerede ved design af skibene.
- Nye dokker og beddinger skal installeres med faciliteter til opsamling af spildevand for behandling.

4.9 BAT for energiledelse

- Identificer muligheder for energibesparelser, inklusiv optimering af elforbrug, køb energieffektivt udstyr og inspirer ansatte til at foretage initiativer til at spare på energien.
- Tag initiativer til at fjerne begroninger med passende frekvenser for at reducere energiforbruget og udledningen af CO₂.

5. BAT kandidater

De prioriterede BAT kandidater, som er beskrevet i dette kapitel, er udvalgt efter følgende kriterier:

- BAT som vedrører de væsentligste miljøforhold i sektoren.
- BAT som vurderes at have en væsentlig reduktion af udledning og miljøpåvirkning.
- BAT som er økonomisk og teknisk realistisk under hensyntagen til omkostninger og fordele.
- BAT som især er udviklet og har sin oprindelse i de nordiske lande.

De tekniske og økonomiske forhold såvel som miljøpåvirkningen af BAT varierer meget og er i mange tilfælde afhængig af, hvilken BAT der vurderes. Det er i den forbindelse værd at bemærke, at valget af BAT altid ligger hos skibsværftet. Rederiet og malevareleverandøren bestemmer dog ofte, hvilke malevaresystemer der skal anvendes samt hvilket udstyr, der skal anvendes som forbehandling ved skibets overfladebehandling.

Tabel 8: Prioriterede BAT kandidater

Nr.	BAT kandidater
1	Ultra højt vandtryks blæsning (UHP blæsning)
2	Maling med lavt VOC indhold
3	Opløsningsmiddelfrie maling
4	Vandbaserede maling til skibsbygning
5	Helt eller delvist indkapslede faciliteter til overfladebehandling
6	Multifunktionelle spildevandsbehandlingsfaciliteter
7	Miljøledelsessystemer
8	Miljøvenlig konstruktion og drift af dokker
9	Malevare containere
10	Miljøvenlig skibsskrog- og propelrensning

5.1 BAT kandidat nr. 1 – Ultra højt vandtryks blæsning (UHP blæsning)

5.1.1 Introduktion

Forskellige vådblæsningsmetoder anvendes som alternativer til tørblæsning for at forhindre en støvemission fra overfladebehandlingen.

UHP blæsning er en støvfri behandlingsmetode som anvender ekstremt høje tryk, vand og ingen slibemidler. Der findes ligeledes metoder, hvori der anvendes et slibemiddel.

I Norge anvender hovedparten af reparationsværfterne UHP blæsning eller andre vådblæsemetoder. Tørblæsning anses som værende for dyr og tidskrævende metode. I Finland anvender kun et skibsværft UHP blæsning. Der er observeret en udbredt usikkerhed om, hvorvidt metoden er velegnet til alle formål og under alle betingelser. Det tyder på, at anvendeligheden og de generelle økonomiske forhold skal vurderes i hvert tilfælde, fordi forskellige faktorer kan spille ind.

5.1.2 Anvendte processer og teknikker

UHP blæsning anvender typisk vandtryk omkring 3.000 bar (800–3.000 afhængig af modellen).

UHP blæsning betragtes i almindelighed som en hurtig metode sammenlignet med tørblæsning. Behandlingseffektiviteten for UHP blæsning kan blive mange gange hurtigere (20–30 m²/h og helt op til 350 m²/h afhængig af modellen) sammenlignet med tørblæsning (4–5 m²/h). Estimerne varierer meget og afhænger af lokalitets specifikke forhold og kan derfor udelukkende betragtes som indikative.

En fordel ved UHP blæsning er, at vand trænger dybt ind i overfladens metalporer og tillader en effektiv fjernelse af klorider, som er mere effektiv end tørblæsningsmetoderne. Dårligt vedhæftet lag fjernes ligeledes effektivt af UHP blæsning, fordi vandet via trykket trænger helt ind bag laget og nedbryder bindinger og skærer laget af.

Moderne udstyr har desuden den egenskab at de kan fjernbetjenes, hvilket gælder for Hammelmann's Dockmaster, Spiderjet og Den-Jets forskellige modeller. Dysen fæstnes til overfladen ved vakuum, hvilket på samme tid suger det fjernede materiale og vand væk fra overfladen. Spildevandet renses før udledning eller det filtreres og genanvendes. Filtermaterialet opsamles i sække.

Dyserne kan desuden være indkapslet i en box, som yderligere reducerer støjemissionen. Anvendelse af robotter minimerer tillige arbejdsmiljøpåvirkningerne, som ofte er et central emne med arbejde i tanke og i afgrænsede områder. Skibsværftsarbejdere

har risiko for udsættelse for farligt støv, høje støjniveauer og andre arbejdsmiljøpåvirkninger. Det skal bemærkes, at UHP blæsning anvendt med manuelt udstyr kræver anvendelse af speciel arbejdsbeklædning og sikkerhedsudstyr på grund af det ekstremt høje tryk.

Figur 10: UHP blæsning med manuel håndtering på Alfons Håkans Oy Reparationsværft i Suomenlinna (billedet til venstre) og udstyr fjernbetjent med filterarrangement (fra Hammelmann i billedet til højre)

5.1.3 Emissions- og forbrugsdata

Der findes ingen tilgængelige emissionsdata i øjeblikket. Emissionerne er meget lokalitetsafhængige.

Et eksempel på maksimum udledningsværdier for stoffer i spildevandet fra høj- og lavtryksvask ("tvätt") er givet i en miljøgodkendelse for Falkvarv i Sverige og vist i tabel 9.

Tabel 9: Et eksempel på maksimale udledningsværdier for stoffer i spildevandet fra høj- og lavtryksvask ("tvätt"). Ref.: Miljøgodkendelse for Falkvarv, Sverige, 2008

Stoffer	Maksimale udledningsværdier
Pb	3 µg/liter
Cr	15 µg/liter
Cd	0,3 µg/liter
Cu	9 µg/liter
Ni	45 µg/liter
Zn	60 µg/liter
Mineralolie (olieindeks)	5 µg/liter
TBT	0,001 µg/liter
TOC	10 mg/liter

5.1.4 Miljømæssige fordele

UHP vandblæsning har flere miljøfordele. Der anvendes ikke slibemidler og støv dannet af malingsrester bindes i vandfasen, hvilket minimerer støvemissionen og affaldsproduktionen. Malingsrester skal dog indsamles og håndteres efter forskrifterne.

Støjniveauet er generelt sammenligneligt med tørblæsningsmetoder, men ved anvendelse af avancerede modeller såsom vacuum og lukkede boxe omkring dysehoved reduceres støjemissionen betydeligt.

Vandforbruget er forholdsvis lille, typisk 10–20 l/min. Ved anvendelse af robotter vil vandet kunne opsamles direkte i tanke. I andre modeller kan spildevand indsamles, filtreres og genanvendes, hvilket medfører en let adskillelse af vand og filtrede materialer som skal håndtere efter særlige forskrifter.

Figur 11: Lukket box omkring dyse hoveder i avanceret udstyr og ved anvendelse af robotter reducerer støjemissionen yderligere. (Ref: Billede fra Den-Jet)

5.1.5 Anvendelighed

UHP og andre vådblæsningsmetoder erstatter traditionel tørblæsning på skibsværfter i takt med at gode erfaringer med disse teknologier opnås. Teknologierne har såvel tekniske som miljømæssige fordele set i forhold til traditionelle tørblæsningsmetoder.

Effektiviteten af UHP blæsning varierer fra værft til værft. Et finsk værft har gennemført en omfattende afprøvning for at sammenligne UHP med traditionel blæsning. Resultatet af undersøgelsen blev, at UHP blæsning anvendes i dag som overfladebehandlingsmetode (Peled, 2013).

Generelt er der meget forskellige opfattelser af UHP blæsning blandt de kontaktede værfter. Der er en udbredt tvivl om, hvorvidt UHP blæsning kan anvendes til alle typer af overfladebehandlingsopgaver. UHP blæsning er ikke anvendelig i kolde miljøer med temperaturer under 5 oC. Derudover skaber UHP blæsning ikke den samme ru overflade som tørblesning med slibemiddel, hvilket i nogle tilfælde er nødvendig for efterfølgende overfladebehandlingsprocesser. UHP blæsning er ikke anvendelig til nye overflader til skibsbygning.

Nogle reparationsværfter og deres kunder påpeger, at der er begrænsninger i anvendelsesområderne. Anvendeligheden af UHP blæsning kræver godkendelse og accept af malevareleverandøren, som derved får en væsentlig indflydelse på det endelige teknologivalg til overfladebehandlingen.

Effektiviteten varierer tilsyneladende fra sag til sag, som generelt anses metoden at være mere effektiv end traditionel sandblæsning. En af de besøgte skibsværfter har oplyst, at tilsætning af mindre mængder slibemiddel til vandblæsningen giver det bedste resultat i forhold til overfladens egenskaber og ikke mindst set i forhold til økonomien. Og måske mere vigtigt. En af de store malevareleverandører fastslår, at for de fleste formål vil det være muligt at finde et malingssystem, som er anvendeligt med UHP blæsning. Det bør dog vurderes i hvert enkelt tilfælde og som minimum må det forventes, at rederiet skal godkende valget.

Et af skibsværfterne har oplyst, at det er en udfordring ved UHP vandblæsning, at dyserne skal være meget små for, at udstyret kan anvendes håndholdt. Der findes dyre robotløsninger tilgængelig på markedet, men de kan ikke anvendes på værfter med pladsbegrænsning og til behandling af små skibe.

5.1.6 Tværgående effekter

Der produceres spildevand med indhold af malingrester og anti-begroningsmidler i stedet for tørre affaldsfraktioner med det samme indhold af forurenings i slibemidlet.

5.1.7 Økonomi

Ulempen ved UHP blæsning er, at der kræves større investeringer, og at der er højere vedligeholdelsesomkostninger sammenlignet med traditionelle metoder. Investerings- og vedligeholdelsesomkostningerne er dobbelt så høje som ved traditionelle metoder. Nogle skibsværfter oplyser, at UHP blæsning er mere økonomisk end traditionelle metoder, mens andre har den modsatte opfattelse. Mange lokalitetsspecifikke forhold spiller ind ved udregningerne og forudsætningerne, især udgifter til affaldsbortskaf-

felse m.v. Udgifter til bortskaffelse af affald fra UHP blæsning kan være 1/100 af omkostningerne for affald dannet fra tørblæsning med slibemiddel. Som beskrevet i kapitel 4.5 kan forbruget af blæsemiddel være op til 40–50 kg/m², mens UHP blæsning som primært fjerner maling og rust kun producerer 0,5 kg affald/m². Omkostningerne til bortskaffelse kan let variere med en factor 10 afhængig af om affaldet skal deponeres som farligt eller ikke-farligt affald.

5.1.8 Referencer

Den-Jet, Denmark.

Hammelmann/Hammeli Oy, Finland.

Suomenlinna skibsværft.

5.2 BAT kandidat nr. 2. – Malinger med lavt VOC indhold

5.2.1 Introduktion

Malingleverandørerne har udviklet malinger med betydeligt lavere indhold af organiske opløsningsmidler end tidligere. Traditionelle malinger har typisk et VOC indhold omkring 50 %. I dag har malinger i de nordiske lande typisk et indhold af organiske opløsningsmidler på 30 % eller mindre.

5.2.2 Anvendte processer og teknikker

Påføring af malinger med lavt indhold af opløsningsmidler foregår normalt med spray udstyr.

5.2.3 Emissions- og forbrugsdata

Anvendelse af malinger med lavt opløsningsmiddelindhold kan reducere emissionen af opløsningsmidler betydeligt sammenlignet med traditionelle malinger. Indholdet af organiske opløsningsmidler er typisk 30 % eller mindre.

5.2.4 Miljømæssige fordele

Emissionen af opløsningsmidler reduceres. Der anvendes sjældent opvarmning af malmiljøer, hvilket omvendt vil øge emissionerne.

5.2.5 *Anvendelighed*

Der findes ingen betydelige begrænsninger.

5.2.6 *Tværgående effekter*

Ingen.

5.2.7 *Økonomi*

Malinge med lavt indhold af opløsningsmidler er typisk dyrere end konventionelle opløsningsmiddelbaserede malinge, men finder udbredt anvendelse på værfter i de nordiske lande.

5.2.8 *Referencer*

Nor-Maali (finsk producent af industrimalinger).
Besøgte og kontaktede skibsværfter.

5.3 BAT kandidat nr. 3 – Opløsningsfrie malinge

5.3.1 *Introduktion*

I dag har opløsningsmiddelfrie malinge en begrænset udbredelse på reparationsværfter. De anvendes typisk til brug for isbrydere.

5.3.2 *Anvendte processer og teknikker*

Opløsningsmiddelfrie malinge er sværere at arbejde med end opløsningsmiddelholdige, fordi deres strukturer er mere stive. Hærdningstiden er ligeledes længere. Opløsningsmiddelfrie 2-komponent beskyttelseslag er typisk påført med opvarmede påføringspistoler. Opvarmning er nødvendig for at gøre malingen mere flydende og lettere at påføre.

5.3.3 *Emissions- og forbrugsdata*

Emissionen af organiske opløsningsmidler fra malinge er reduceret i forhold til traditionelle malinge. På den anden side kan opløsningsmiddelfrie malinge kun anvendes ved

temperaturer over 10 °C. Opvarmning kan derfor være nødvendig for at opnå tilstrækkelig høj temperatur.

5.3.4 Miljømæssige fordele

Emissionen af organiske opløsningsmidler er reduceret i forhold til traditionelle malinge.

5.3.5 Anvendelighed

Opløsningsmiddelfrie malinge kræver minimum temperaturer på 10 °C. I Finland i vintermånederne kommer temperaturen ikke dertil, hvorfor påføringen vil kræve anvendelse af opvarmede sprøjtepistoler.

Anvendelsen er derfor begrænset. På Orskov Skibsværft i Danmark anvendes kun 3–5 % opløsningsmiddelfrie malinge. Lignende forbrugstal rapporteres fra andre skibsværfter.

5.3.6 Tværgående effekt

Hvis opvarmning ved påføring er nødvendig, vil der skulle anvendes energi og indirekte emissioner vil forekomme. Det sker ofte i vintermånederne.

5.3.7 Økonomi

Opløsningsmiddelfrie malinge er normalt dyrere end traditionelle malinge med opløsningsmidler. Udstyr til opvarmning af påføringspistoler vil ligeledes øge omkostningerne.

5.3.8 Referencer

Nor-Maali (finsk producent af industrimalinger).
Besøgte og kontaktede skibsværfter.

5.4 BAT kandidat nr. 4 – Vandbaserede malinger i skibsbygning

5.4.1 *Introduktion*

Vandbaserede malinger er almindelig anvendt i skibsbygning ved malearbejder indendørs på skibene. Udendørs er der på den anden side store anvendelsesbegrænsninger.

5.4.2 *Anvendte processer og teknikker*

Maling med vandbaserede malinger finder sted med almindeligt spraymalingsudstyr.

5.4.3 *Emissions- og forbrugsdata*

Emissionen af opløsningsmidler kan reduceres væsentligt ved anvendelse af vandbaserede malinger. Vandbaserede malinger indeholder dog små mængder af opløsningsmidler, men emissionerne er kvantitativt ubetydelige sammenlignet med opløsningsmiddelbaserede malinger.

5.4.4 *Miljømæssige fordele*

Emissionen af opløsningsmidler er reduceret betydeligt og risikoen for udsættelse i arbejdsmiljøet er ligeledes reduceret.

5.4.5 *Anvendelighed*

Vandbaserede malinger anvendes typisk indendørs på skibe. Vandbaserede malinger kan ikke anvendes i kolde miljøer. Der kræves normalt temperaturer over 10 °C.

5.4.6 *Tværgående effekter*

Vandbaserede malinger kræver opvarmning i kolde miljøer, hvilket øger den indirekte emission fra anvendelsen af energi.

5.4.7 *Økonomi*

Vandbaserede malinger anvendt til indendørs anvendelser er sædvanligvis billigere end udendørs malinger. Opvarmning af kolde miljøer vil ligeledes øge omkostningerne.

5.4.8 *Referencer*

Nor-Maali (finsk producent af industrimalinger).
Besøgte og kontaktede skibsværfter.

5.5 BAT kandidat nr. 5 – Helt eller delvist indkapslede faciliteter til overfladebehandling

5.5.1 *Introduktion*

Helt eller delvist lukkede faciliteter til overfladebehandling giver en bedre mulighed for at kontrollere miljøpåvirkningen: støv fra tørblæsning, støj m.v. En anden fordel er, at vejrliget ikke vil påvirke arbejdet i betydeligt omfang.

I Norge har et stort antal små og mellemstore værfter investeret i produktionshaller med overdækket bedding og tørdok. I Finland findes et lignende arrangement på mindst et værft.

Der er ligeledes muligt at anvende delvise og midlertidige indkapslinger ved brug af telte eller plastic gardiner.

5.5.2 *Anvendte processer og teknikker*

Forskellige anvendelsesmuligheder findes, f.eks. et hal eller et telt med gardiner.

Figur 12: Eksempler på delvist indkapslede miljøer (billede fra Turku reparationsværft) og fuldt indkapslede miljø (billede fra Skarvik AS internet sider)

5.5.3 Emissions- og forbrugsdata

Der findes ingen tilgængelige data.

5.5.4 Miljømæssige fordele

Ved indkapsling vil forurenede luft meget lettere kunne filtreres. Indkapsling vil samtidig reducere støjemissionen.

5.5.5 Anvendelighed

Små og mellemstore værfter vil have mulighed for at indkapsle beddinger og tørdokke. Inde i indkapslingen vil vejrliget ikke have væsentlig indflydelse på arbejdets udførelse. Delvis og midlertidig indkapsling med anvendelse af telte eller plastic gardiner vil ligeledes være muligt på disse værfter.

Ved skibsbygning foretages en række processer indendørs i produktionshaller.

5.5.6 Tværgående effekter

Indkapsling af arbejdsprocesser reducerer miljøpåvirkninger betydeligt under forudsætning af at støv og røg fjernes og renses. I modsat fald vil de samme kilder udgøre et væsentligt arbejdsmiljøproblem.

Der skal på den anden side anvendes energi til rensning af afkastluft, hvilket vil øge den indirekte emission fra brugen af energi.

5.5.7 Økonomi

Indkapslinger øger omkostningerne ved overfladebehandling. Anvendelse af et midlertidigt telt med gardiner vil typisk øge omkostningen til det dobbelte sammenlignet med udendørs arbejde.

Et overdækket hal koster betydeligt mere, hvilket kan udgøre flere millioner Euros.

5.5.8 Referencer

Diskussioner med flere skibsværfter.

5.6 BAT kandidat nr. 6 – Multifunktionelle spildevandsbehandlingsfaciliteter

5.6.1 *Introduktion*

Spildevand håndteres forskelligt på skibsværfter i de nordiske lande. Mængden og kvaliteten af spildevandet varierer meget og afhænger af flere faktorer, såsom typen af værft og dets aktiviteter og anvendte teknikker samt de miljømæssige forhold. Mængden af spildevand er betydeligt højere, hvis værftet udsættes for regnvand på spildevandshåndterede arealer. Det er en udfordring for et multifunktionelt renseanlæg, hvis der er betydelige variationer i spildevands flow og spildevandskvalitet.

Nogle skibsværfter afleder spildevand til det offentlige eller kommunale spildevandssystem, mens andre har deres egne spildevandsrensings faciliteter, såsom olieudskillere, sandfiltre samt flokkulerings- og sedimentationstanke. Små og ældre værfter har ingen muligheder for effektivt at indsamle og behandle spildevandet, som løber urensset til omgivelser og havet.

Typiske forureninger i spildevand fra skibsværfter er olie og tungmetaller. Det giver udfordringer i såvel offentlige eller kommunale spildevandssystemer som ved udledning til havet.

Et begrænset antal skibsværfter i de nordiske lande (f.eks. i Danmark) anvender multifunktionelle spildevandsrensningssystemer. Sådanne systemer kan indeholde et forbehandlings- og sedimentationskammer, et båndfilter og i nogle tilfælde findes også kombinationer af sand- og kulfiltre for effektivt at fjerne alle slags forureninger fra spildevandet. Kombinerede systemer vil effektivt fjerne alle forureninger, som olie, fedt, tungmetaller og biocider fra skibsmalingen.

Ulempen ved de avancerede spildevandsrensings faciliteter er store investerings- og driftsomkostninger, især på ældre værfter hvor indsamling af spildevandet er en udfordring i sig selv. Derudover stiller multifunktionelle rensefaciliteter store krav til viden og kompetencer for at drive og vedligeholde sådanne systemer effektivt.

5.6.2 *Anvendte processer og teknikker*

Et effektivt multifunktionel renseanlæg til behandling af spildevand fra overfaldebehandlingsaktiviteter på værfter kan konstrueres med et sedimentationskammer, båndfilter, sandfilter og evt. et kulfilter. Sådanne arrangementer vil reducere koncentrationerne af forureningerne i spildevandet under tilladte udledningskrav. Se også under af-

snittet om emissioner og forbrugsdata, hvor der gives et eksempel. Det er bemærkelsesværdigt, at mange renseanlæg på værfter ikke indeholder alle rensetrin, men kun et begrænset udvalg.

En skematisk illustration af et eksempel på et kombineret spildevandsrensningssystem er vist i Figur 13.

Figur 13: Skematisk illustration af et multifunktionelt renseanlæg

Olie og fedt vil fjernes før sedimentationskammeret ved anvendelse af en olieudskiller, hvis opholdstiden er lang nok. En buffer tank kan anvendes til at justere flowet til anlægget i spidsbelastningsperioder.

Flokkuleringsmidler tilsættes ved båndfilteret for at fælde større dannede partikler i sedimentationskammeret eller i sandfilteret, men kan ligeledes tilsættes før sedimentationskammeret.

Filtreringstrinene vil fjerne den største andel af tungmetallerne i spildevandet, fordi de reagerer med flokkuleringsmidlerne. Sandfilteret (kunne være et dobbeltkammer system som vist i figuren) består af sand og skal med jævne mellemrum returskylles for at fjerne filtreret materiale. Returskyllevandet og dets indhold af forureninger skal håndteres og behandles efter gældende regler.

Det sidste aktive kulfilter vil fjerne rester af organisk materiale, f. eks. også organiske biocider. Spildevandfaciliteter kan etableres indendørs eller som flydende installationer (som på Øresundsværftet i Landskrona).

Figur 14: Multifunktionelt renseanlæg (Billede fra Danish Water Solutions Industry's hjemmeside)

5.6.3 Emissions- og forbrugsdata

Eksempel på maksimale spildevandsudledningsværdier af tungmetaller og olie fra dokkerne på Fayard Skibsværft til Odense Fjord, Danmark vises i Tabel 10.

Tabel 10: Eksempel på maksimale spildevandsudledningsværdier af tungmetaller og olie fra dokkerne på Fayard Skibsværft til Odense Fjord (2009)

Stoffer	Maksimale udledningsværdier til Odense Fjord
Pb	28 µg/liter
Cr	5 µg/liter
Cu	14,5 µg/liter
Ni	41,5 µg/liter
Zn	430 µg/liter
Mineralolie	20 mg/liter
TBT	
TOC	

5.6.4 Miljømæssige fordele

Multifunktionelle spildevandsrensningssystemer med nogle rensetrin vil reducere forureningskoncentrationerne og normalt under gældende udledningskrav.

5.6.5 *Anvendelighed*

Spildevandshåndteringen på et skibsværft kan forbedres ved at ændre praksis og udstyr samt opgradere monitoringssystemer eller ved spildevandsrensning. Den foretrukne løsning er altid indledningsvis at vurdere mulighederne for at reducere spildvandsmængderne og forureningen heri, f.eks. ved indsamling af faste affaldsfraktioner således at de ikke udledes med spildevandet.

Opgradering af eksisterende spildevandsrensningsfaciliteter bør først overvejes, når den interne vurdering af mulighederne for at reducere spildevandets flow og indhold er afsluttet. De tekniske elementer omfatter bl.a. pladsforhold, ønskede behandlingsresultater, grænseværdier og kommunale krav samt investeringer i udstyr og drift, inklusiv omkostninger ved håndtering af slam. Se også afsnit om Miljøvenlig konstruktion og drift af dokker.

Principperne i de skitserede løsninger er i princippet anvendelig for alle skibsværfter i de nordiske lande. Ulempen er dog de høje investerings- og driftsomkostninger til den udvidede løsning på ældre skibsværfter, hvor selv effektiv indsamling af spildevand kan være en udfordring. Driftsomkostningerne omfatter lønninger, elforbrug, kemikalieforbrug, affaldsbortskaffelse m.v. Derudover kræver multifunktionel spildevandsrensning uddannelse og erfaring for at systemet kan drives effektivt og vedligeholdes efter forskrifterne.

Drift af spildevandsanlæg ved lave temperaturer og under almindelige vinterforhold kræver at anlægget placeres indendørs, hvilket ligeledes vil øge omkostningerne.

En særlig udfordring med multifunktionelle spildevandsanlæg er variationer i flow og koncentrationer. Disse forhold skal indregnes ved planlægningen og bygningen af anlægget.

Det er værd at bemærke at nordiske spildevandsanlæg ikke indeholder alle disse rensetrin, men i mange tilfælde kun nogle få af dem.

5.6.6 *Tværgående effekter*

Spildevandsrensning vil fjerne og opkoncentrere forureninger i slammet, som herefter skal bortskaffes som spildevandsslam med overholdelse af gældende miljøkrav. Sædvanligvis er afvanding nødvendig for at opnå et tørstofindhold på 15–20 % for at sikre en fornuftig økonomi for transport og deponering.

5.6.7 Økonomi

Omkostningerne til spildevandsrensning afhænger af antallet af behandlingstrin og mængden af spildevand, der skal behandles. Et multifunktionelt spildevandsrensningsanlæg som beskrevet i dette afsnit vil koste mere end 1,5 millioner DKK (Ref.: Norsk Industri, Maritime Branch, 2012).

Driftsomkostningerne til drift af flertrinsanlæg kan være relativt høje og ofte udgøre 100.000 DKK eller mere.

Når omkostninger til spildevandsafledninger stiger til et vist punkt, så vil det efterhånden blive mere økonomisk fordelagtigt at etablere anlægget på værfter som et alternativ til opsamling og bortskaffelse af spildevandet med transport over store afstande.

5.6.8 Referencer

Norsk Industri, Maritime Branch, 2012.

Danish Water Solutions Industry A/S, Slagelse, Denmark (virksomheden er i dag lukket, men drives videre af den tidligere indehaver).

5.7 BAT kandidat nr. 7 – Miljøledelse

5.7.1 Introduktion

Værftets ansatte skal have kendskab til vigtige rutiner og procedurer, som f.eks. håndtering af kemikalier og affald og arbejde herefter. Et certificeret eller ikke-certificeret miljøledelses værktøj til at systematisere og følge rutiner og procedure. Flere af de større skibsværfter i de nordiske lande har certificerede miljøledelsessystemer efter ISO 14001 standarden, som typisk består af:

- En miljøpolitik.
- Planlægning og implementering af procedurer, inklusiv vedligeholdelse af udstyr.
- Monitoring og kontrol af miljøpræstationen.
- Igangsættelse af korrigerende handlinger.
- Udførelse af intern og ekstern audit.

Et miljøledelsessystem for et skibsværft bør bestå af forskellige komponenter: modeller for beregning af emissioner og rapportering heraf, vedligeholdelse af en logbog for væsentlige miljøparametre samt tilhørende vedligeholdelsesrutiner. Det er BAT at føre

logbogen, så den dokumenterer ind- og udgående strømme af kemikalier, som f.eks. VOC'er, mængden af biocider i maling, skift af luftfiltre, kalibreringer m.v. Koncentrationerne af forureninger i spildevandet kan på den måde dokumenteres og rapporteres overfor miljømyndigheden, når det efterspørges.

Emissionerne fra udledning af spildevand fra vandblæsning kan beregnes ud fra data om behandlet overfladeareal, vandforbruget og den gennemsnitlige koncentration af forureninger i malingerne. Hvert skib skal ligeledes have en logbog, som beskriver typen af tidligere anvendte malingsystemer og deres tykkelser. Sådanne data kan i mange tilfælde oplyses af rederen eller det værft, som var ansvarlig for den sidste overfladebehandling. I Danmark har skibsværfter f.eks. i deres miljøgodkendelse en mulighed for at undgå spildevandsrensning, hvis værftet ved beregninger kan dokumentere koncentrationerne og at udlederkravene er overholdt. Disse oplysninger kan fremskaffes via prøvetagning, analyser og beregninger.

5.7.2 Anvendte processer og teknikker

Beregninger af massebalancen for VOC'er og en tilhørende VOC reduktionsplan er et typisk vilkår i en miljøgodkendelse og kan samtidig indgå i et miljøledelsessystem. Beregninger tillader tillige at der kan estimeres et bidrag fra den diffuse emission, som ikke kan måles. Kendte kilder trækkes fra inputdata og herved fås et mål for den diffuse emission for VOC'er og støv.

Miljømonitorering og rapportering er et andet eksempel, som kan anvendes, hvis det f.eks. skal dokumenteres at udendørs overfladebehandlingsaktiviteter kun har fundet sted med vindhastigheder under en vis grænse og vindretninger inden for et givent interval. Dokumentation kan opnås via meteorologiske data, som i logbogen kombineres med afholdte overfladebehandlingsaktiviteter i dok eller uden for dok.

Monitorering og regelmæssig vedligeholdelse af forureningsbegrænsende udstyr er en betingelse for at drive et effektivt ledelsessystem for bl.a. emissioner til luft og spildevand.

Intern kontrol og vedligeholdelse af en logbog over aktiviteter i dokker er en almindelig anvendt teknik og ofte et krav i miljøgodkendelser.

De følgende aktiviteter må som et minimum være indeholdt i logbogen:

- Tidsangivelser for ind- og udskibning til dok.
- Anvendte metoder til overfladebehandlingen.
- Kvantificering og typer af anvendte malinger.
- Tider for overfladebehandlingen.

- Forebyggende foranstaltninger anvendt, herunder lukkede aktiviteter.
- Vedligeholdelse af udstyr til forureningsbekæmpelse.

5.7.3 Emissions- og forbrugsdata

Der findes ikke tilgængelige data i øjeblikket.

5.7.4 Miljømæssige fordele

Teknikkerne og metoderne beskrevet under denne BAT vil skabe øget bevidsthed om miljøpåvirkninger fra forskellige aktiviteter, hvilket både på kort og langt sigt vil reducere disse. Disse teknikker vil samtidig kunne dokumentere miljøpåvirkningen. Første skridt hen imod en reduktion af miljøpåvirkninger er at blive bevidst om deres årsager og virkninger.

5.7.5 Anvendelighed

Metoden beskrevet i afsnittet kan anvendes på alle skibsværfter.

5.7.6 Tværgående effekter

Ikke relevant.

5.7.7 Økonomi

Er ikke analyseret.

5.7.8 Referencer

Øresundsværftet, Landskrona, Sverige.

5.8 BAT kandidat nr. 8 – Miljøvenlig konstruktion og drift af dokker

5.8.1 Introduktion

Nye dokker og beddinger skal være konstrueret med systemer til at opsamle og håndtere tør affald effektivt og holde det adskilt fra den våde fraktion. Der skal samtidig være et system til at adskille overfalde- og regnvand fra spildevand.

5.8.2 Anvendte processer og teknikker

Lejlighedsvis rengøring af overflader omkring skibsbunde indeholdende miljøfarlige stoffer og biocider skal foretages.

Figur 15: Typisk udstyr til indsamling af tørt affald fra tørblæsning fra dokker (Bobcat udstyr, billeder fra Dae-Tek Oy)

Sådanne procedurer vil tillade ikke forurenset regnvand at blive udledt urensset og direkte til recipienten uden rensning.

Ideelt set skal dokken hælde mod opsamling af spildevand i udstyr eller med anvendelse af en barriere, som tillader værftet af håndtere spildevandet korrekt.

Dokken skal forsynes med pumper ved udløbssiden for at tømme dokke og til udledning af overfladevand til havet. På landsiden skal der være pumper til at håndtere spildevandet til rensning.

5.8.3 Emissions- og forbrugsdata

Kraftigt regnvejr kan let og hurtigt producere betydelige mængder spildevand og mere end der dannes ved overfladeprocesserne omkring skibet. Som konsekvens heraf skal regnvand kunne skilles fra spildevandet.

5.8.4 Miljømæssige fordele

De miljømæssige fordele som beskrevet i afsnittet er at spredningen af forureninger reduceres eller begrænses.

5.8.5 Anvendelighed

Den mest cost-effektive metode er at inkludere miljøhensyn, når nye dokker designs og bygges eller når større ændringer pågår. Forbedringer af eksisterende og ældre dokker vil normalt være betydeligt mere kompliceret og dyrere.

5.8.6 Tværgående effekt

Ikke analyseret

5.8.7 Økonomi

Ikke analyseret

5.8.8 Referencer

Dae-Tek Oy, Finland.

5.9 BAT kandidat nr. 9 – Malingscontainere

5.9.1 Introduktion

Traditionel maling levers fra malingsleverandørerne og anvendes på værfter i 20 l spande. I stedet for mindre beholdere kan maling leveres i større containere, hvilket reducerer mængden af affald (malingspande) og mængden af spildt maling i bøtterne.

Figur 16: Maling container

5.9.2 Anvendte processer og teknikker

I stedet for mindre malingsemballager kan værfter modtage større containere med maling fra leverandørerne. Spray pistoler kan forsynes direkte fra disse større beholdere.

Når 2-komponent maling skal anvendes, så kan blandingen af komponenter ske ved hjælp af et præcist doseringssystem uden at ekstra opløsningsmidler skal anvendes.

5.9.3 Emissions- og forbrugsdata

Der findes ingen data i øjeblikket.

5.9.4 Miljømæssige fordele

Der bliver behov for mindre manuelt arbejde og tomme malingbøtter med rester af maling undgås. Emissionen af opløsningsmidler reduceres.

5.9.5 *Anvendelighed*

Malingleverandører kan levere maling i containere med kapaciteter på 500, 800 eller 1.000 liter.

Hvis sådanne mængder anvendes og containerne er lettilgængelige, så vil det være såvel en økonomisk som en miljømæssig fordel.

Løsningen er nok næppe relevant for mindre værfter med mindre forbrug af maling.

5.9.6 *Tværgående effekt*

Der findes ingen tværgående miljøeffekter.

5.9.7 *Økonomi*

Er ikke analyseret.

5.9.8 *Referencer*

Nor-Maali (finsk producent af industrimalinger).
Arctech.

5.10 BAT kandidat nr. 10 – Miljøvenlig undervands skibsskrog- og propelrensning

5.10.1 *Introduktion*

Den præsenterede teknologi til rensning og vedligeholdelse af skibsskrog og skibspropeller er udviklet, så den kan anvendes under vandet og i havne eller mens skiber ligger med anker for at spare kostbar tid i dokken. Rensningssystemet er i de fleste tilfælde drevet ved vandtryk og roterende polypropylenbørster. Udstyret er i stand til at fjerne marine begroinger og genaktivere eksisterende anti-begroningslag, som blev tilført skibet ved sidste overfladebehandling. Lignende systemer er set i drift i Helsinki, Finland. Begge teknologier (Marmaid Marine Service og DG Green cleaning system) har midlertidigt opnået en miljøgodkendelse til brug i nordiske havne, f.eks. i Københavns Havn.

5.10.2 Anvendte processer og teknikker

Teknologien er udviklet og forbedres løbende med en skibsskrog rensningsmaskine med gardiner som forhindrer forureninger i at undslippe et rensningssystem. Systemet drives af en dykker med påmonteret kamera og lyskilde til brug for at dokumentere resultatet. Undertrykket bevirker at rensningsmaskinen holdes tæt til overfladen (det hydrauliske tryk er 10 bar/1.000 l per minut i en operation). Udstyret arbejder med vandtrykket og suger den marine begroning og anvendt vand gennem et filterarrangement inden udledning til havet.

Figur 17: En dykker i aktion med rensningsmaskinen. (billede fra Mermaid Marine Service Aps)

Havvand anvendes til at udvikle trykket. Maskinen er forsynet med en slange til at opsamle spildevandet til spildevandsrensning.

Filtersystemet anvender genanvendelige filtre tilpasset den aktuelle opgave og de begroninger, som skal fjernes. Før anvendelse af udstyret startes gennemføres en farvetest af det anvendte rens vand til at sikre at trykket er tilstrækkeligt til at fjerne vandet. De fjernede begroninger tilbageholdes af nogle filterposer, mens det anvendte rens vand ledes tilbage til havet.

Anvendte filtre erstattes af nye og de anvendte filere placeres i vandtætte containere. Filterposerne leveres efter endt arbejde til lokal affaldsoperatør, som oplyses om skibets certificerede anti-begroningssystem, som gør affaldsoperatøren i stand til at håndtere poserne korrekt og i overensstemmelse med gældende miljøregler.

Udstyret består af et antal børster (typisk 2 eller 3) designet til jobbet, de begroninger der skal fjernes og det malevaresystem, der tidligere er anvendt. Tryk og retning af vand flowet kan ændres.

Figur 18: Illustration af begge sider af udstyret med børster og tilslutningsstudse (billede fra Mermaid Marine Service Aps)

5.10.3 Emissions- og forbrugsdata

Mermaids skibsskrog- og propelteknologi og emissionerne under anvendelse er testet i et laboratorium. På baggrund af dokumentation er der udstedt en midlertidig (et årig, 2015) miljøgodkendelse af Københavns Kommune. Kommunen har givet firmaet tilladelse til at anvende udstyret i Københavns Havn under specielle betingelser og med arealer op til 2.800 m² per skib. Virksomheden skal anvende et internt kontrolsystem og rapportere kvartalsvis til myndighederne med oplysninger om antallet af skibe behandlet, behandlet areal og kvaliteten af afledt spildevand.

Prøver af spildevandet tages før og efter filterarrangementet sammen med en prøve 10 meter fra udledningspunktet for at dokumentere udledningen af miljøfarlige stoffer til havet. Tungmetaller er fjernet sammen med rensningen og fjernelse af begroningen. Mængden af frigivne tungmetaller afhænger meget af det anvendte anti-begroningssystem.

Resultater fra laboratorieundersøgelserne fra maj, 2015 er vist i tabel 11 (reference: Mermaid).

Tabel 11: Resultater fra laboratorieanalyser ved brug af Mermaids skibsskrog og propel teknologi (reference: Mermaid Marine Service)

Stoffer (µg/l)	Før filter	Efter filter	10 m fra udstyret
Suspenderet stof	700	9,4	4,9
As (Arsen)	8	0,97	0,96
Pb	15	0,20	0,043
Cd	0,3	0,021	0,019
Ba (Barium)	47	10	10
Cu	210	1,8	0,66
Ni	12	0,60	0,63
Sr (Strontium)	3	2	2
Zn	730	6,5	2,4

Bemærk venligst, at følsomheden af recipienter er forskellige i havne på grund af forskelligt vand flow, udskiftningsrater osv. Det betyder, at maksimalt tilladte grænseværdier kan variere mellem havnene.

5.10.4 Miljømæssige fordele

Skibsskrogsrensningsteknologien vil reducere behovet og frekvensen for hvor ofte et skib skal overfladebehandles. Det vil reducere vand- og energiforbruget samt reducere den potentielle risiko for udledning af sundhedsskadelige og miljøfarlige stoffer.

Udstyret er vinddrevet og der vil derfor ikke være risiko for spild af olie, som det kan forekomme med oliesmurt udstyr.

5.10.5 Anvendelighed

Metoden kan anvendes på alle typer af skibe og til begge sider af skibene.

5.10.6 Tværgående effekt

Mermaid oplyser, at op til 23 % af energiforbruget (og den samme mængde CO₂) kan spares ved at anvende metoden. Besparelsen afhænger af malingsystemet og skibets alder. Olieprisen vil betinge interessen for anvendelse af metoden. Lave oliepriser, som de findes i øjeblikket, vil begrænse markedet for anvendelse af metoden.

5.10.7 Økonomi

Metoden er en meget hurtig metode til rensning af skrog, hvor økonomien afhænger af begroningen og det anvendte malingsystem. 20 m²/min eller 1.200 m²/time kan behandles ved let begroning.

Mermaid oplyser på deres hjemmeside, at det koster i størrelsesordenen 3,5 USD per m² ved let til mellem begroning, inklusiv håndtering af affaldsfraktionen.

5.10.8 Referencer

Mermaid Marine Service Aps.

DG Green cleaning system.

Københavns Kommune, Vandgruppen.

6. Spirende teknologier

Spirende teknologier er BAT som ikke er fuldt udviklede eller i brug i sektoren, men som kan være BAT kandidater i fremtiden.

6.1 Malingsfjernelse fra skibsskrog med laser induceret varme

6.1.1 *Introduktion*

Der findes en erkendt metode til malingsfjernelse på ståloverflader, som er baseret på laser induceret varme. Metoden kan blive et potential alternativ til tørblæsning og UHP blæsning. Teknologien er i øjeblikket konkurrencedygtig og anvendes til at fjerne tykkere lag af overfladebeskyttelse. US Navy anvender teknologien på flere skibsværfter i USA.

6.1.2 *Anvendte processer og teknikker*

Kontrolleret induktion anvendes til at opvarme ståloverfladen, således at beskyttelseslaget slipper overfladen og derefter lettere kan fjernes. Teknologien er specielt anvendelig til tykke lag af maling og andre beskyttelseslag.

Figur 19: Udstyr til induktionsopvarmning (billeder fra RPR Technologies)

6.1.3 Emissions- og forbrugsdata

Der findes ikke tilgængelige data i øjeblikket.

6.1.4 Miljømæssige fordele

Fordele ved denne teknologi omfatter:

- En hurtigere fjernelsesrate på tykke og meget vanskelige beskyttelseslag sammenlignet med tørblæsning og UHP blæsning.
- Lavere energiforbrug sammenlignet med tørblæsning og UHP blæsning.
- Minimal emission og støjdannelse.
- Mere sikker metode for operatøren.

6.1.5 Anvendelighed

Teknologien anvendes f.eks. på broer, offshore installationer, stålkonstruktioner, lagertanke, rør og skibe.

6.1.6 Tværgående effekt

Der findes ingen data tilgængelig i øjeblikket.

6.1.7 Økonomi

Teknologien er i øjeblikket konkurrencedygtig i behandlingen af tykke beskyttelseslag, men investeringsomkostninger er på den anden side højere sammenlignet med kendte teknologier.

6.1.8 Referencer

RPR Technologies.

7. Referencer og kontakter

Alfons Håkans Oy, visit and contact to Tero Hänninen.
Arctech Helsinki Shipyard Oy, visit and contact to Ari Sylve.
Dae-Tek Oy, contact to Marko Kierros.
Danish Water Solutions Industry A/S, Slagelse, Denmark.
DG Green cleaning system, Internet pages <http://dg.fi/site/service/cleaning/>
Ely centralen i Finland, kontaktperson Esa Wihlman.
European Commission, Reference Document on Best Available Techniques on Surface Treatment using Organic Solvents, 2007.
European Energy Innovation, Internet pages: <http://www.europeanenergyinnovation.eu/Articles/Spring-2014/Energy-Efficient-Shipping-And-Impact-On-Shipbuilding-Evolution>
Falkvarv AB, contact to Niklas Engholm.
Finnish marine industries, Internet pages: <http://meriteollisuus.teknologiateollisuus.fi> and contact to Merja Salmi-Lindgren
Hammeli Oy, contact to Åke Rundberg.
International Labour Office (ILO), Workplace Health and Safety Information, Internet pages: <http://www.ilocis.org>
Länstyrelsen Hallands Län, Fastställande av slutliga villkor i tillstånd enligt miljöbalken till varvsverksamhet på fastigheten Varvet 1, Falkenbergs kommun, 2008.
Mermaid Marine Service Aps, Internet pages www.hullcleaningequipment.com
Meyer Turku Oy, visit and contact to Jaana Hänninen.
Miljødirektoratet, Norge, Regulering av forurensning fra skipsverft: Miljødirektoratets veileder til fylkesmannen. M-487 Veileder, 2016.
Miljødirektoratet, Norge, Miljøkrav for skipsverft. Faktaark M-496, 2016.
Miljøstyrelsen Danmark, Overfladebehandling af skibe, Vejledning Nr. 3., 1991.
Ministry of the Environment of Finland, Guidance on dredging and disposal of dredged sediment, 2015.
Municipality of Copenhagen, contact to the Water team.
Navidom Oy, contact to Sami Niemelä.
Nor-Maali Oy, visit and contact to Petri Hirvensalo.
Nordic Council of Ministers, Reduktion of emissions from Ship Yards, Tema Nord 1996:556, 1996.
Nordic Council of Ministers, Best Available Technique: Buller från bergtäkter, TemaNord, 2013:588.
Nordisk Minsiterråd, Hvordan begrense forurensning fra små skipsverft? Fakta om forurensning fra små skipsverft, 2011.
Norsk Industri, Beste praksis for miljøarbeid i skipsverft – utslipp og avfall, 2012.

Norsk Industris bransjeforeninger for Maritim, contact to Tor Andersen.

Nylands Miljöcentral, Environmental permit for Aker Yards Oy, 2008.

Nylands Miljöcentral, Environmental permit for Suomenlinna repair yard, 2008.

Peled B., Development of the environmental safety of shipyard's maintenance painting (in Finnish), Master of Science Thesis, Tampere University of Technology, 2013.

Pulli, J., Heikkilä, J, Kosomaa, L, Designing an environmental performance indicator for ship-building and ship dismantling. Project ECO-EFFI Final Report, Turku University of Applied Sciences, 2013.

Päijänteiden Telakka Oy, visit and contact to Jukka Kauppi.

Regionförvaltningsverket i Södra Finland, Environmental permit for Päijänteiden Telakka Oy, 2013 RPR Technologies, Internet pages <http://www.rprtech.com/>, contact to Tommy Gabe

Sibelco Nordic, Safety Data sheet of Nickel Slag, 2011.

Skarvik AS, internet pages <http://www.skarvik.no/>

Stålsmiðjan-Framtak.

Stockholms Reparationsvarv AB, contact to Gustav Löwing.

Sydvästra Finlands Miljöcentral, Environmental permit for STX Finland Cruise Oy, 2008 (current Meyer Turku Oy).

Sydvästra Finlands Miljöcentral, Environmental permit for Turun Korjaustelakka Oy, 2009.

Swedish Maritime Technology Forum, contact to Karina Linnér.

Turku Repair Yard Ltd, visit and contact to Juha Olli.

Ålands miljö- och hälsoskyddsmyndighet, Environmental permit for Algots Varv Ab, 2013.

8. Summary

The BAT Group of the Nordic Council of Ministers has decided to conduct a project on Best Available Techniques (BAT) for the shipyards in the Nordic countries. The objectives of the project have been to:

- Review and describe the shipyard sector in the Nordic countries.
- Review and describe the used techniques in the Nordic countries.
- Identify and describe the Key Environmental Indicators from the Nordic perspective.
- Identify and describe techniques that shall be included in the considerations of representing BAT in shipyards.

The scope of the project has included steel ships, but not ships built of wood or reinforced plastic. The focus has been on surface treatment in relation to maintenance and repair, and also to a minor extent shipbuilding, but not demolition, handling of ballast water or engine maintenance and repair.

The provided information can be utilised by operators, environmental consultants and competent environmental authorities. The projects might also be usable as a Nordic input for the Technical Working Group in the revision of the BAT conclusions for the "Surface Treatment Using Organic Solvents (STS)" according to the Industrial Emission Directive (IED).

Shipbuilding has a long tradition and it has previously been a large industry in all the Nordic countries. Today ships are maintained and repaired at many shipyards in all the Nordic countries. On the other hand, shipbuilding takes place only at a limited number of shipyards.

Environmental impacts from shipyards in the Nordic countries are different due to a number of reasons, which are, among others:

- Impacts from shipbuilding differ a lot from repair and maintenance.
- Different facilities like dry docks, floating docks and slipways of different sizes have different possibilities to prevent emissions; some shipyards are older and not

equipped with technical arrangements to handle emissions (like barriers and wastewater treatment facilities), which can be difficult to be installed afterwards.

- Different sizes of ships.
- Different climatic conditions (temperature, tide, snowfall etc.).
- Site settings (some shipyards are located in cities or towns close to residential areas or close to nature protected areas).

The key environmental indicators (KEI) in the scope of this study are (in non-prioritised order):

- Air emissions (dust and volatile organic compounds (VOC)).
- Noise emission.
- Wastewater emissions and stormwater (hazardous substances such as heavy metals and oils).
- Wastes (steel in shipbuilding and blasting material with hazardous substances in repair and maintenance).
- Chemicals (paints and antifouling agents).
- Contamination of soil, groundwater and sea and lake water and sediment.
- Energy efficiency and design for environment (shipbuilding).

Presented BAT at shipyards describes:

- BAT for environmental management, including monitoring and reporting.
- BAT for control of air emission.
- BAT for noise emissions.
- BAT for control of wastewater and stormwater emissions.
- BAT for chemical handling and substitution.
- BAT for waste management and minimisation.
- BAT for reduction of risks and accidents.
- BAT for design and construction.
- BAT for energy management.

Technical and economic applicability as well as environmental impacts of BAT varies a lot, being very much case dependent. It is also noteworthy that the selection of techniques is not always in the hands of the shipyard. The ship owner or paint manufacturer often determine the paints to be used and requirements for the surface preparation before painting. Presented BAT candidates are listed in Table 12.

Table 12: BAT candidates

No	BAT Candidate
1	Ultra high pressure water blasting (UHP blasting)
2	Low VOC paints
3	Solvent-free paints
4	Waterborne paints in shipbuilding
5	Fully or partially enclosed facilities for surface treatment
6	Multi-functional wastewater treatment facilities
7	Environmental management systems (EMS)
8	Environmentally friendly construction and operation of docks
9	Paint containers
10	Environmentally friendly underwater hull and propeller cleaning

Paint removal from ship hull by induction heating with laser is presented as an emerging technology. We are not aware of this technology today being used in Nordic shipyards. Existing applications are special purposes where the coating to be removed is particularly thick.

Nordisk Ministerråd
Ved Stranden 18
DK-1061 København K
www.norden.org

Nordiske skibsværfter

Bæredygtig forbrug og produktion (også kaldet HKP) har anmodet Vahanen Environment Oy sammen med COWI AS om at gennemføre et projekt om Bedste Tilgængelige Teknikker (engelsk: Best Available Techniques, BAT) for skibsværfter i de nordiske lande. Formålet med opgaven har været at:

- gennemføre et review og beskrive skibsværftssektoren i de nordiske lande
- gennemføre et review og beskrive de anvendte teknikker i sektoren
- identificere og beskrive centrale miljøindikatorer fra et nordisk perspektiv
- identificere og beskrive teknikker, som skal være indeholdt i de betragtninger, der repræsenterer BAT på skibsværfter

Afgrænsningen af dette projekt har været stålskibe.

Fokus har været på overfladebehandling i forhold til vedligeholdelse og reparation.

TemaNord 2016:549
ISBN 978-92-893-4736-5 (PRINT)
ISBN 978-92-893-4737-2 (PDF)
ISBN 978-92-893-4738-9 (EPUB)
ISSN 0908-6692